



فحص محولات الجهد والتيار CT & VT COMMISSIONING

إعداد المهندس
محمد سرتي

ج) محمد عبدالقادر سرتي ، ١٤٢٩هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية لتنام النشر

سرتي ، محمد عبدالقادر
فحص محولات الجهد والتيار . / محمد عبدالقادر سرتي . - مكة
المكرمة ، ١٤٢٩هـ

.. من : .. سم

رقم: ٧٤٢٢-٢-٠٢-٦٠٣-٩٧٨

١- المحولات الكهربائية ٢- الجهد الكهربائي أ. العنوان

١٤٣٩/٩٢٥٣

نوي ٦٢١، ٣١٤

الفهرس

شكر وتقدير	5
المقدمة :	6
1 – نظرية عمل محول التيار ومحولات الجهد : Theory of CT and VT	7
1-1 مفهوم مشكلة التشبع في محول التيار CT Saturation :	12
1-2 منحنى المغناطيسية Magnetizing curve :	14
1-2-1 استخدام معادلة المحول الأساسية Fundamental transformer equation	17
1-2-2 طريقة منحنى المغناطيسية Excitation curve method	17
1-2-3 المعادلة التقريبية لحساب الجهد على اطراف الملف الثانوي :	18
1-3 تأثير الحمل على محول التيار CT Burden :	18
1-4 مشكلة الفيض المتبقي في محول التيار Residual Flux :	19
1-5 بيانات مهمة لمحولات التيار حسب المواصفة الأوربية IEC :	20
1-6 نسب الخطأ في محولات التيار و الجهد :	21
1-6-1 نسبة الخطأ على محولات الجهد :	22
1-7 خطأ محول التيار CT ERRORS :	23
1-8 أنواع محولات التيار CT TYPES :	25
1-9 أنواع محولات الجهد VT TYPES :	27
1-10 اختبارات محول التيار CT TESTING :	28
1-11 أنواع نسب التحويل لمحولات الجهد و التيار في السوق السعودي	39
1-12 موقع محول التيار CT location :	40
1-13 كيف نختار محول التيار المناسب Current transformer selection	44
1-14 محولات الجهد و التيار الضوئية Optical CT and VT	50
1-15 محول تيار Rogowski Coil :	53
الفصل الثاني : الأجهزة المتطورة في فحص محولات الجهد و التيار	54
2-1 مقدمة :	54

56	2-2 جهاز CT ANALYZER :
59	2-2-1 محتويات جهاز CT analyzer الخارجية :
63	2-2-2 الدائرة المكافئة لمحول التيار في جهاز CT Analyzer :
66	2-2-3 صندوق فحص الملفات المتعددة لمحول التيار Multi ratio CT testing switch box ..
67	2-2-4 تيارات العطل العابرة Transient fault current :
68	2-2-5 أداء ودورة عمل القاطع الكهربائي CO or COCO CB duty cycle :
69	2-2-6 ثابت الزمن لدائرة الملف الثانوي (Ts) Secondary – loop time constant :
69	2-2-7 معامل تيار العطل ثلاثي الأطوار Rated symmetrical short circuit factor (Kssc) :
69	2-2-8 معامل العطل العابر (Ktd) Rated transient dimensioning factor :
72	2-2-9 طرق توصيل الجهاز CT Analyzer Setup :
77	2-2-10 كيفية التوصيل مع محول التيار :
78	2-2-11 طريقة فحص محول التيار باستخدام جهاز CT Analyzer
81	2-3 جهاز CPC100 :
82	2-3-1 محتويات الجهاز الخارجي :
86	2-3-2 الرسم المخطط للجهاز CPC100 Block diagram :
88	2-3-3 طريقة توصيل المعدة مع جهاز CPC100 :
89	2-3-4 إختبارات محول التيار بواسطة جهاز CPC100 :
101	الفصل الثالث : الجزء العملي لفحص محول التيار
101	3-1 فحص محول التيار عن طريق جهاز SVERKER وجهاز MEGGER للعازلية :
101	3-1-1 فحص نسبة التحويل لمحول التيار عن طريق جهاز SVERKER :
104	3-1-2 اختبار مقاومة محول التيار الثانوي CT secondary resistance test :
108	3-1-3 إختبار منحنى المغناطيسية CT magnetization curve test :
111	3-1-4 اختبار القطبية لمحول التيار CT polarity test :
114	3-1-5 إختبار العازلية CT Insulation test :
119	3-2 فحص محول التيار باستخدام جهاز CT Analyzer :

122	3-3 فحص محول التيار باستخدام جهاز CPC 100 :
122	3-3-1 فحص منحنى المغناطيسية CT Excitation test :
124	3-3-2 فحص مقاومة ملف محول التيار CT Winding Resistance :
128	المراجع References :
130.....	السير الذاتية للمؤلف

شكر وتقدير

أشكر كل من أفادني بملاحظاته ومرئيات وتشجيعه ودعمه لإخراج هذه الحقيبة التدريبية وإن شاء الله سأعمل على تطويرها وتحسينها لتكون إضافة للمكتبة العربية الهندسية التي لازالت تفتقر إلى كتب تخصصية نوعية في المجال الهندسي و الفني بشكل عام وفي مجال نظم القوى الكهربائية وأنظمة الحماية بشكل خاص .

أخص بالذكر من ساهم في مراجعة المادة العلمية وإبداء الملاحظات عليها كل من

1- د.محمد سيد رزق (أستاذ الكهرومغناطيسية ونظم القوى بجامعة أم القرى بمكة المكرمة)

2- د.تامر الكوادي (أستاذ الحماية و نظم القوى بجامعة أم القرى بمكة المكرمة)

3- م. موسى أبو خطوة (رئيس قطاع بشركة كهرباء جنوب الدلتا بجمهورية مصر العربية سابقا)

4- م.محمد يحيى تاج الدين (خبير هندسة حماية بالشركة السعودية للكهرباء)

5- م. محمد الفيومي (مدير أكاديمية شركة أمكرون سابقا)

6- م. فادي زعتري (مدرب في أكاديمية أمكرون)

7- م. معتز الفيومي (مهندس إختبارات بشركة تدفق الطاقة للمقاولات)

وأشكر كل من دعم في إخراج هذه المادة لتدريب موظفي أقسام الحماية في القطاع الغربي

م. عبدالسلام العمري (رئيس القطاع الغربي لصيانة الشبكة)

م. عبد اللطيف الزهراني (مدير إدارة صيانة الأصول بمكة والطائف)

م.بندر الشاكري (مدير دائرة الحماية و الاختبارات بمكة ورئيس لجنة التدريب لأنظمة الحماية والتحكم بالقطاع الغربي)

المقدمة :

بسم الله الرحمن الرحيم و الصلاة و السلام على أشرف الأنبياء و المرسلين . سيدنا محمد و على أله وصحبه أجمعين . نظرا للزيادة المطردة في عدد الفنيين على رأس العمل في إدارات صيانة الأصول في نشاط النقل على مستوى المملكة بشكل عام كان من المهم أن يكون لهم مسار تدريبي واضح منذ بداية تدريبهم على رأس العمل وذلك لتسهيل اكتساب الخبرة العملية وتمكينهم من العمل في مختلف الظروف وبشكل احترافي . هذه الدورة أحد سلسلة دورات تهتم بتعزيز الجانب النظري و ربطه بالجانب العملي في ميدان العمل بحيث يكون المتدرب قادر على فهم ما يقوم به و يستطيع تحليل النتائج التي يحصل عليها أثناء الفحص

سنتحدث في هذا الكتاب عن نظرية محول التيار وطريقة عمله وسنتعرف على مواصفاته و انواعه و الفرق بينهم و نسب التيارات المتوفرة في السوق السعودي و كيف نختار محول التيار المناسب لنظام الحماية لدينا ثم نتطرق إلى اختبارات فحص محولات التيار التقليدية ثم ننتقل إلى الأجهزة الحديثة في فحص محولات التيار و الية الفحص ثم نتطرق إلى أحدث التقنيات في محولات التيار وسنتطرق بإذن الله عن محولات الجهد ونظريتها وطرق فحصها و الفرق بينها وبين محولات التيار. وأحب ان اوضح انني في هذا الكتاب أرجع إلى المواصفات الأوربية IEC في الغالب وبالتحديد المواصفتين IEC60044-2 و IEC60044-6 الخاصة بمحولات التيار مع التنبيه على أن هذه المواصفة تم إلغاؤها وتم استبدالها بالمواصفة IEC 61869-2 وكامل المعلومات المذكورة لم تتغير في المواصفة الجديدة سوى بعض التغييرات ولذلك جرى التنويه . يتبع التوضيح النظري تطبيقات عملية يقوم بها كل متدرب مع زميله خطوة بخطوة ويقومان بتحليل النتائج وربطها بالمفهوم النظري ويقومان بتسجيل الملاحظات على الفحص ونتمنى ان تكون هذه الحقيبة مرجعا مفيدا للزملاء المتدربين على رأس العمل وتكون بداية قوية لهم لاكتساب المزيد من الخبرة العملية واسأل الله عز وجل ان يجعل هذا العمل خالصا لوجهه الكريم

م.محمد عبد القادر سرتي

رئيس قسم الحماية و الاختبارات بالشعبية

دائرة الحماية و الإختبارات و الإسكادا و الاتصالات بمكة المكرمة

إدارة صيانة الأصول بمكة و الطائف _ شركة نقل الكهرباء _ الشركة السعودية للكهرباء

1 – نظرية عمل محول التيار ومحولات الجهد : Theory of CT and VT

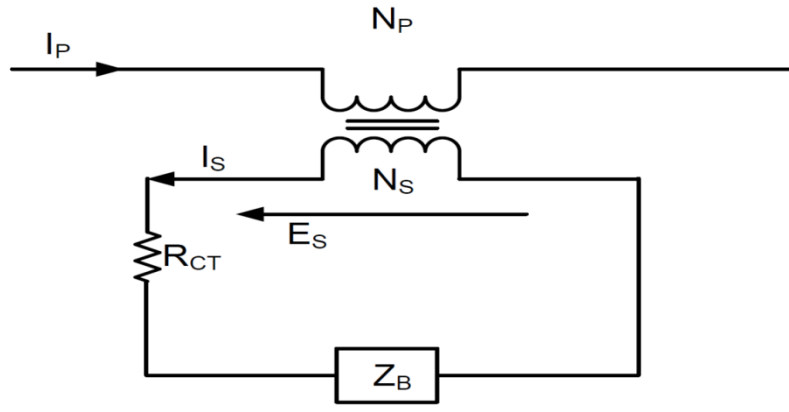
محولات التيار و الجهد هي ببساطة تحول قيم التيارات و الجهود من قيم عالية جدا إلى قيم منخفضة يمكن للأجهزة قياسها ولا تسبب لها ضرر وتعتبر محولات الجهد و التيار عينا أجهزة القياس و الحماية فلا بد أن تكون القيم المحولة دقيقة وتعكس القيم الحقيقية على المعدة ويتشابه كل من محولات الجهد و التيار في الوظيفة وكلاهما يؤدي الوظائف التالية :

1- تخفيض قيم الجهود و التيارات إلى قيم مناسبة يمكن قياسها بأجهزة القياس و يمكن لأجهزة الحماية التعامل معها

2- عزل الدوائر الموجودة على الجانب الثانوي (أجهزة قياس او حماية) عن الجانب الابتدائي ذي الجهود و التيارات العالية

3- استخدام قيم قياسية للجهود و التيارات في الجانب الثانوي .

يوصل طرفي الملف الابتدائي لمحول التيار على التوالي داخل الدائرة المراد قياس تيارها بينما يوصل جهاز القياس او الحماية على طرفي الملف الثانوي لمحول التيار كما هو موضح



شكل 1-1 : رسم توضيحي لمحول التيار

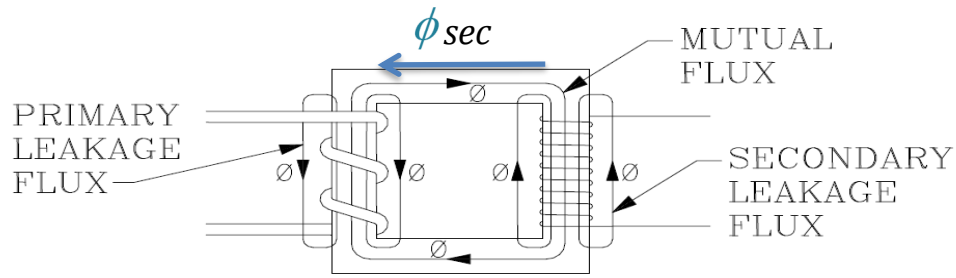
كما في الشكل 1-1 عند توصيل محول التيار على جهاز حماية او قياس فهناك معاوقة له تسمى ب Z_B و التيار المار من ناحية الملف الابتدائي سوف ينشأ فيض مغناطيسي ينتج عنه جهد بين طرفي الملف الثانوي يسمى E_S وهو الذي يتسبب في مرور التيار الثانوي I_S ويظهر بالتالي جهد على طرفي جهاز الحماية او القياس هو $V_{o/p}$

$$V_{o/p} = I_S Z_B = E_S - I_S R_{CT}$$

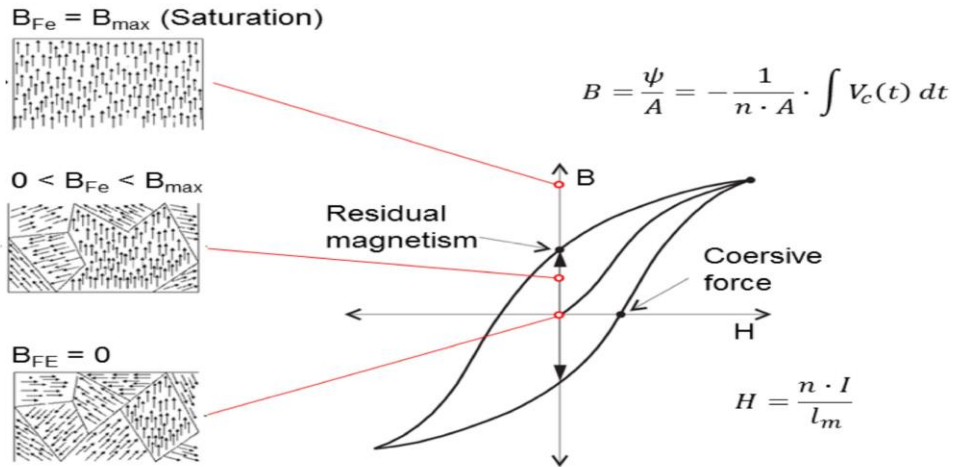
الجهد الناشئ على طرفي محول التيار الثانوي ES هو من خلال الفيض المغناطيسي ϕ ويتناسب الجهد على طرفي محول التيار الثانوي ES طرديا مع معدل تغير الفيض المغناطيسي $\frac{d\phi}{dt}$ و الذي هو عبارة عن حاصل ضرب كثافة الفيض في القلب الحديدي في مساحة مقطع القلب الحديدي A

$$\phi = B \times A$$

لتبسيط المفهوم نشبه كثافة الفيض المارة في القلب الحديدي بعدد السيارات المارة في طريق ما و مساحة مقطع القلب الحديدي هي سعة هذا الطريق الذي تمر فيه السيارات اما معدل تغير الفيض المغناطيسي عبر القلب الحديدي من الملف الابتدائي إلى الملف الثانوي هو بمثابة معدل انتقال السيارات من اول الطريق إلى آخره وسنعود لهذا المثال مرة أخرى لاحقا عند التحدث عن مفهوم التشبع لمحول التيار . كما نلاحظ في الشكل 1-1 ان توصيل الملف الابتدائي لمحول التيار يكون على التوالي مع الدائرة او المعدة وهذا يدل على ان الملف الابتدائي دائما يسري فيه تيار طالما ان المعدة في الخدمة بصرف النظر عن وجود حمل او لا على دائرة الملف الثانوي فيتولد من التيار الابتدائي المار في الملف الابتدائي قوة دافعة مغناطيسية mmf تقوم بدفع الفيض المغناطيسي من خلال القلب الحديدي ثم يقطع هذا الفيض ملفات الثانوي ويتولد جهد على طرفيه ثم ينشأ تيار يمر بالحمل المتصل على الملف الثانوي فيقوم الملف الثانوي بتوليد قوة دافعة مغناطيسية mmf جديدة ومعاكسة لتلك الموجودة على الابتدائي وبالتالي تخفف من قيمة الفيض المتولد من الابتدائي و يكون الجهد المتولد على الثانوي ذو قيمة ثابتة كما الشكل 1-2



الشكل 1-2 : الفيض المغناطيسي الناشئ عن التيار في الملف الابتدائي



الشكل 1-2-1 : توضيح لكيفية تعرض الأقطاب المغناطيسية الجزيئية Molecular

magnets داخل القلب الحديدي للتشبع

نلاحظ في الشكل 1-2-1 عندما يتولد الفيض الابتدائي ويعاكسه الفيض الثانوي فإن الجهد المتولد على أطراف الملف الثانوي يكون اقل من جهد التشبع فتكون مسارات الفيض في اتجاهات مختلفة وقابلة للحركة فيكون هناك معدل لتغير هذه المسارات ويمكن انتقالها عبر

القلب الحديدي اما إذا كانت في مسارات موحدة فلا يكون هناك معدل للتغير بمعنى ان $\frac{d\phi}{dt} = 0$



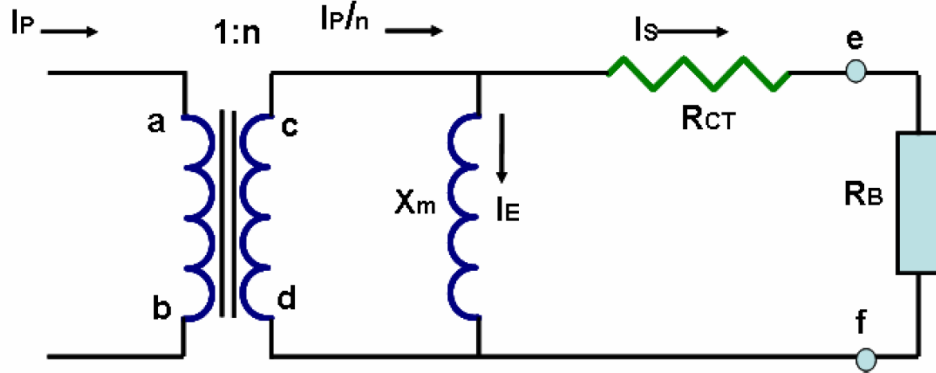
الشكل 1-2-2 : محول تيار ملفاته ملتفة على أكثر من قلب حديدي



الشكل 1-2-3 : تصنيع القلب الحديدي لمحول التيار CT cores

• ماذا سيحصل لو فتحنا دائرة الملف الثانوي لمحور التيار ؟

في هذه الحالة لن تنشأ قوة دافعة مغناطيسية مضادة لتلك المتولدة في الملف الابتدائي وبالتالي تكون كل القوة الدافعة المغناطيسية في الملف الابتدائي مركزة على القلب الحديدي ويتولد جهد عالي جداً على الملف الثانوي بسبب مرور كل التيار الابتدائي على المعاوقة X_m كما هو موضح في الشكل 1-3 وهذا الجهد العالي يسبب شرارة عالية جداً ويسبب تلف محور التيار وأيضاً يسبب خطر على العاملين على دوائر محور التيار الثانوي أثناء الصيانة الدورية فبمجرد لمس دائرة محور التيار الثانوي في حال وجود فتح للدائرة ربما يحصل حريق بدرجة عالية في اليد لا سمح الله بالإضافة إلى ذلك احتمالية وصول محور التيار إلى مرحلة التشبع نتيجة زيادة الفيض المغناطيسي المار في القلب الحديدي ويعتمد ذلك على قيمة الحمل



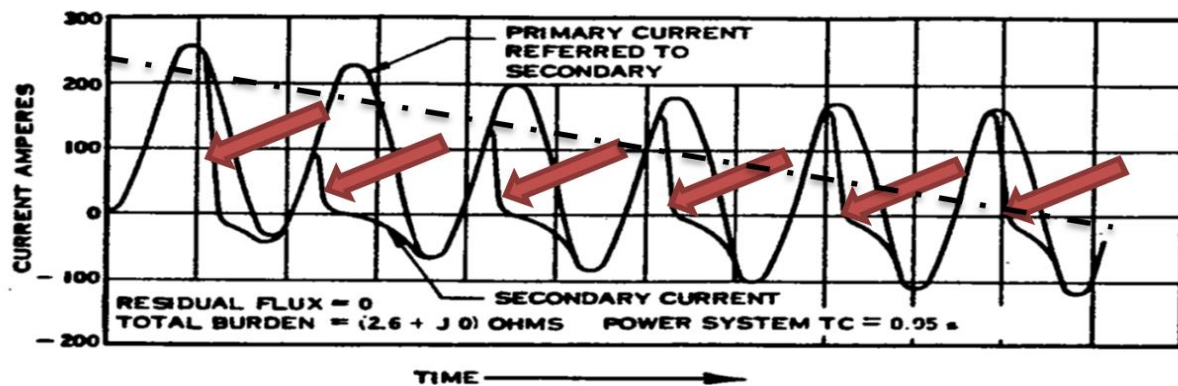
الشكل 1-3 : الدائرة المكافئة لمحور التيار

ولتجنب هذا الخطر لابد في حالة إخراج أجهزة الحماية من الخدمة عندما تكون المعدة تحت التشغيل أن يتم قصر دائرة محور التيار short CT circuit وبالتالي يظل هناك تيار في الملف الثانوي ويظل هناك قوة دافعة مغناطيسية معاوقة لتلك الموجودة على الملف الابتدائي فلا يرتفع الجهد على أطراف محور التيار. أما بخصوص محولات الجهد PT أو VT فإنها تختلف عن محولات التيار في طريقة توصيل الملف الابتدائي ففي محور الجهد يكون التوصيل على التوازي وهذا يدل على أن نشوء التيار على الملف الابتدائي يعتمد على وجود حمل على الملف الثانوي والخطورة هنا لا تكون في فتح دائرة الثانوي كما هو الحال في

محول التيار بل في قصره short بحيث تكون مقاومة الحمل على الملف الثانوي تساوي صفر فعندها يمر تيار عالي جدا ويغذى باستمرار حتى يحرق الملف او تفتح دائرة الملف الثانوي فيختفي التيار على الثانوي و الابتدائي أيضا ولهذا السبب يتم تركيب مصهرات H.R.C fuses او قواطع mcb في بداية دائرة الثانوي لمحول الجهد و إذا حصل قصر على الملف الثانوي لمحول الجهد سيكون تيار العطل عالي جدا وسيسبب ارتفاع في حرارة محول الجهد وعلى الرغم من وجود المصهرات Fuses على الجانب الابتدائي ولكنها لا تحمي من افعال الجانب الثانوي لان التيار على الابتدائي صغير جدا وسيكون مقارب لتيار القاطع الطبيعي Minimum fuse rating

1-1 مفهوم مشكلة التشبع في محول التيار CT Saturation :

عودة إلى مثال السيارات المارة في طريق ما والتي تشابه كثافة الفيض المارة في القلب الحديدي لو امتلاء الطريق بالسيارات فنقول ان الطريق مقفل اي لا يوجد مسار لأي سيارة إضافية وكذلك الحال بالنسبة للفيض المغناطيسي المار في القلب الحديدي والذي يزيد كلما زاد التيار في الملف الابتدائي (حالة وجود عطل) فلا يستطيع القلب الحديدي تحمل المزيد من الفيض المغناطيسي فيحدث له تشبع وتثبت قيمة الفيض عند قيمة معينة ثابتة بمعنى ان معدل التغير في الفيض أصبح صغيرا جدا وبالتالي لا ينشأ أي تيار في الملف الثانوي فيصل قيمته إلى الصفر كما هو موضح في الشكل 1-4



الشكل 1-4 : تشويه في التيار الثانوي بسبب التشبع

إذا افترضنا ان الأحمال في شبكة القوى كلها أحمال حثية Inductive load فعند حدوث قصر على الشبكة فإن معادلة تيار القصر هي كالتالي

$$i_p = \frac{E_p}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \left[\sin(\omega t + \beta - \alpha) + \sin(\alpha - \beta) e^{-(R/L)t} \right]$$

تتكون معادلة تيار القصر من جزئين متداخلين في بعضهما هما الجزء المستقر steady

state peak current I_p وهي $\frac{E_p}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}}$ و الجزء الثاني هو الجزء العابر

transient component of asymmetrical وبالتالي يكون نسبة الفيض المغناطيسي

العابر إلى الفيض المستقر $\frac{\phi_B}{\phi_A} = \frac{\omega L}{R} = \frac{X}{R}$ ويكون مجموع الفيض المار في القلب الحديدي كما هو في هذه المعادلة :

$$\phi_C = \phi_A + \phi_B = \phi_A \left(1 + \frac{X}{R} \right)$$

وبالرجوع إلى الشكل 4-1 لاحظ النقص التدريجي في مركبة DC component وهي أحد العوامل الأساسية في تشوه قيمة التيار الثانوي مقارنة بالتيار الابتدائي وتتوقف قيمتها على لحظة قفل القاطع وتمثلها الزاوية β في معادلة تيار القصر و قيمة X, R في الدائرة بينما تتوقف مدة بقائها على قيمة R, X فقط [1]

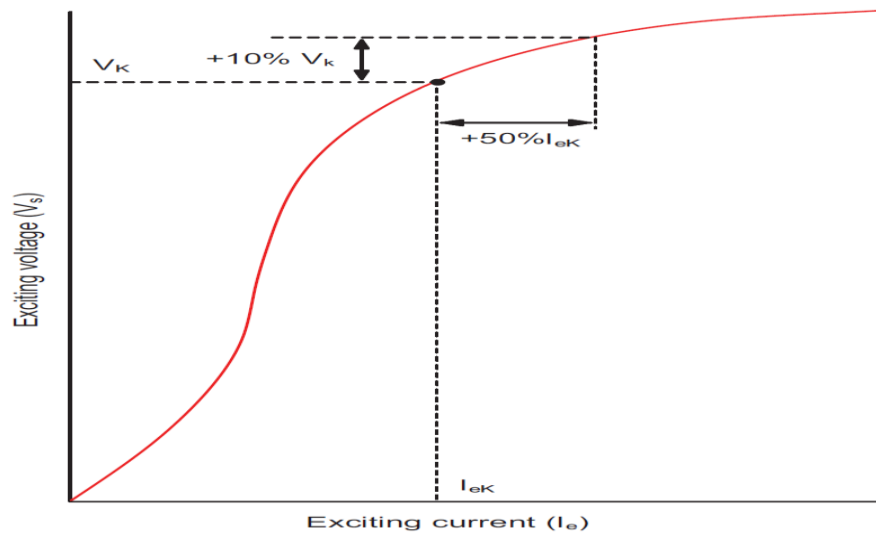
• هل توجد مشكلة التشبع في محول الجهد ؟

الجواب أن محول الجهد هو مثل محول التيار فهو يتكون من ملفين ابتدائي و ثانوي وقلب حديدي ولكن مشكلة التشبع تظهر مع تيار العطل بحيث تكون قيمة التيار عالية جدا ولكن يكون الجهد وقت العطل قليل جدا (يصل إلى الصفر) بخلاف قيمته في الوضع الطبيعي قبل

حدوث العطل لذلك نلاحظ عدم ظهور مشكلة التشبع مع محاولات الجهد وقت الأعطال ولكنها قد تحصل في حالة ارتفاع الجهد عليها Over voltage

1-2 منحنى المغناطيسية Magnetizing curve:

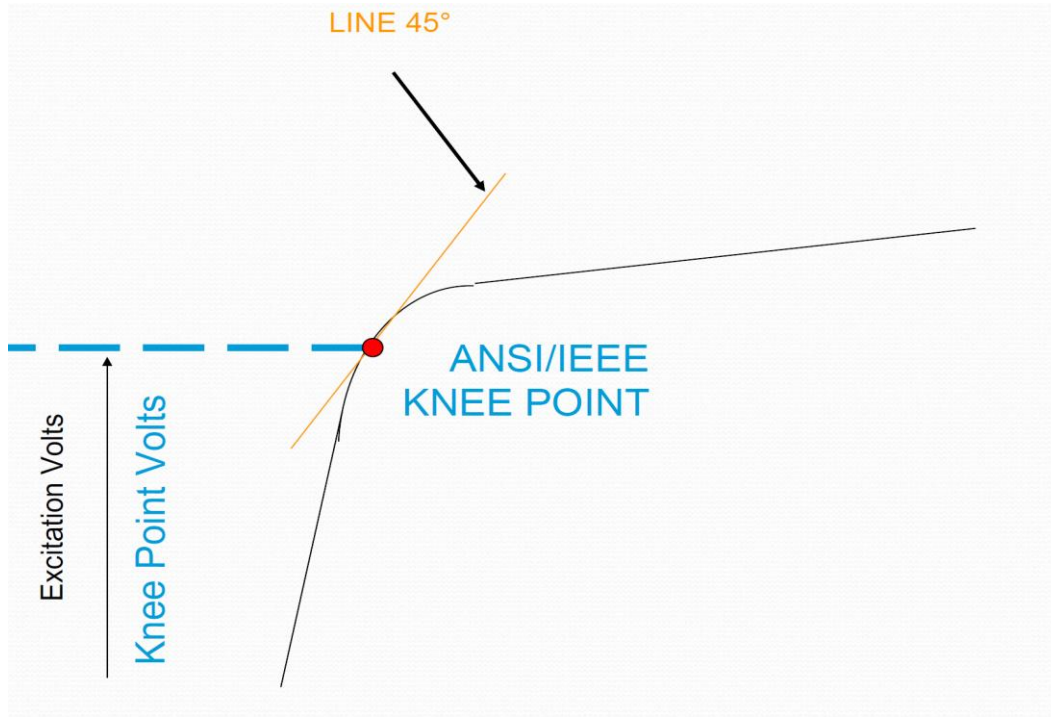
بعدما عرفنا مشكلة التشبع في محولات التيار وما هو تفسيرها ولتجنب حدوث هذه الظاهرة لابد ان نعرف متى تحصل وماهي القيم التي نستطيع ان نحكم من خلالها على محول التيار بأنه وصل لمرحلة التشبع . توجد هناك ثمة علاقة بين الجهد الذي ينشأ في الملف الثانوي و التيار المسبب للفيض وهو المعروف باسم Excitation current وهذا التيار يمثل جزء صغير من التيار المتولد في الجانب الثانوي في بداية المنحنى أي عندما يكون الجهد المتولد على الملف الثانوي صغير وتزداد قيمة التيار كلما زاد الجهد وفي المقابل يتناقص التيار الثانوي المار بمعاوقة جهاز الحماية او القياس كلما زادت قيمة تيار الحث excitation current إلى أن يصل لقيمة صغيرة جدا حالة التشبع وهو يسري داخل المعاوقة الداخلية لمحول التيار X_m و التي تظهر ضمن الدائرة المكافئة لمحول التيار كما هو في الشكل 1-3 ويعرف بمنحنى المغناطيسية بال Magnetizing curve او Excitation curve وتوجد عليه نقطة تسمى نقط الانحناء Knee point كما هو موضح في الشكل 1-5



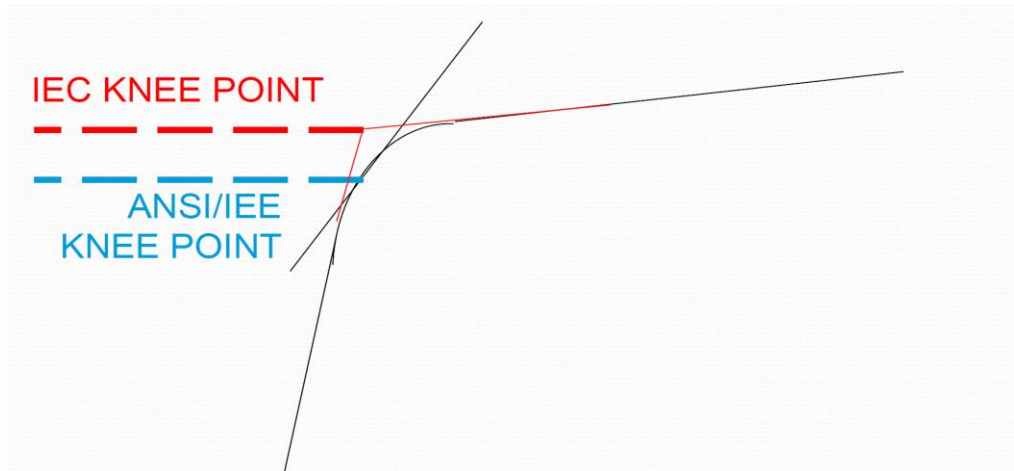
الشكل 1-5 : منحنى المغناطيسية لمحول تيار حسب المواصفة الأوربية

وتعرف هذه النقطة طبقاً للمواصفة الأوروبية IEC بأنها النقطة التي تتسبب زيادة 10 % في قيمة الجهد E_s في إرتفاع قيمة التيار I_e بمقدار 50 % بمعنى آخر أنها هي النقطة التي يبدأ بعدها محول التيار في دخول مرحلة التشبع ويجب ان تعمل محولات التيار في بداية المنطقة الخطية للمنحنى. يوجد درجات مختلفة من محولات التيار مثل CLASS P ,X,Y,Z,S كل درجة لها استخدامات معينة وفي الشكل 1-6 نجد تصنيف مختصر بين أنواع محولات التيار حسب تصنيف IEC standards واستخداماتها وحسب المواصفة الجديدة لمحول التيار وهي IEC 61869-2 فقد ألغي CLASS S وتم عمل تعديلات على CLASS X , Y, Z

اما تعريف knee point حسب IEEE/ANSI standards فهو مختلف عن IEC standards حيث يعرف نقطة الانحناء بأنها نقطة إلتقاء خط المماس بزاوية 45 مع منحنى المغناطيسية وفي الشكل 1-5-2 نلاحظ ان نقطة الانحناء حسب IEC standards أعلى من النقطة المعروفة حسب IEEE standards



الشكل 1-5-1 : تعريف نقطة الانحناء Knee point حسب IEEE standards



الشكل 1-5-2 : مقارنة بين نقطة الإنحناء knee point بين المواصفتين الأوروبية IEC و الأمريكية ANSI / IEEE

CT classes as per IEC 60044-6			
CT Class	Air gap	Remanance	Application
TPS	No	High upto 85%	high impedance circulating current protection
TPX	No	High upto 85%	line protection.
TPY	small	Low <10%	line protection with auto-reclose.
TPZ	Large	Negligible 0%	special applications such as differential protection of large generators

الشكل 1-6 : تصنيف أنواع محولات التيار حسب مواصفات النظام الأوروبي

ومن إستخدامات محول التيار من نوع TPZ أنه يستخدم مع حماية فشل القاطع Breaker fail protection والذي يحل مشكلة dc offset والتي تظهر بسبب الفيض المتبقي في القلب الحديدي على الرغم من إنقطاع التيار عن الملف الابتدائي والذي يكون سببا في إستغلال مرحل Breaker fail للمرحلة الثانية stage 2 [2]. لقياس أداء محول التيار نقوم بحساب قيمة V_{knee} والتي تعطى أحيانا في لوحة بيانات المحول CT name plate وغالبا يتم حسابها من خلال المعطيات في لوحة بيانات محول التيار.

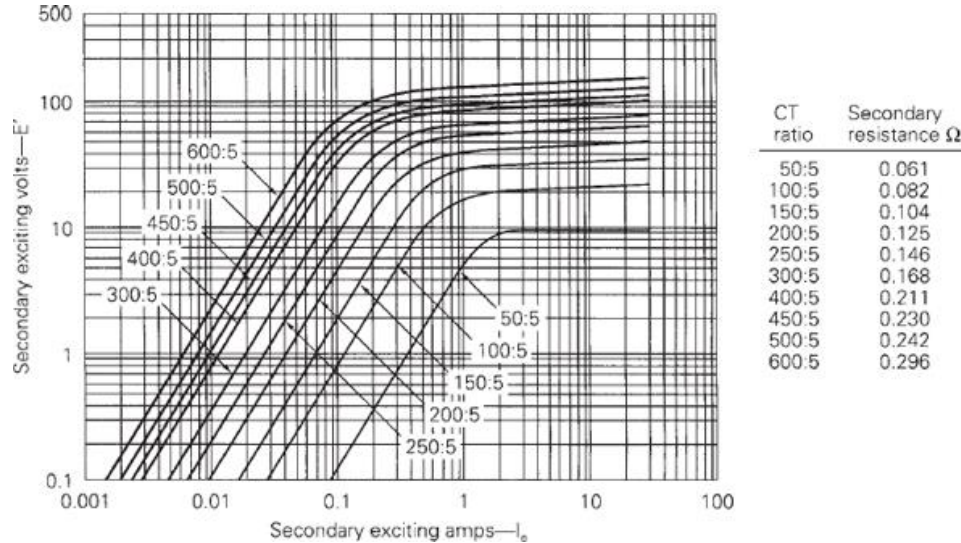
1-2-1 استخدام معادلة المحول الأساسية Fundamental transformer equation

$$Vs = 4.44 \times f \times A \times N \times B_{max} \times 10^{-8}$$

عادة يتكون القلب الحديدي لمحول التيار من مادة silicon steels و التي تتشبع بين 77,500 إلى 125,000 lines / in² وإذا تعدت كثافة الفيض هذه القيم فسيكون هناك خطأ في قراءة التيار الثانوي . غالبا المعلومات المطلوبة في هذه المعادلة لا تتوفر في لوحة البيانات ولذلك لا تستخدم في الواقع العملي [2]

1-2-2 طريقة منحنى المغناطيسية Excitation curve method

هي عبارة عن منحنيات جاهزة يوفرها المصنع لمحول التيار تحتوي على الفحص المصنعي لمنحنى المغناطيسية وذلك بتطبيق جهد على طرفي الملف الثانوي لمحول التيار مع فتح الملف الابتدائي وهذا ما سنتعرف عليه لاحقا عند فحص منحنى المغناطيسية تعطي هذه المنحنيات قيم تيار الحث excitation current وقيمة الجهد V_{knee} لمقارنتها أثناء فحص محول التيار في الموقع .



الشكل 1-7 : منحنى المغناطيسية المصنعي لمقارنة أداء محول التيار في الموقع

3-2-1 المعادلة التقريبية لحساب الجهد على اطراف الملف الثانوي :

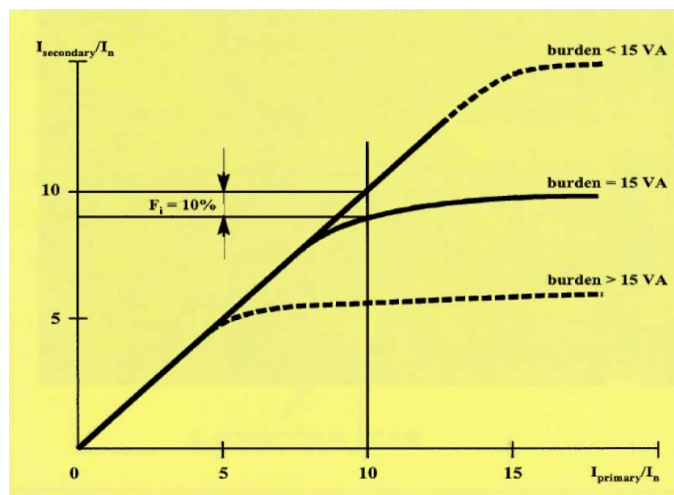
كما ذكرنا سابقا ان المعادلة الشهيرة لحساب الجهد على الملف الثانوي هي الأساس ولكن نظرا لصعوبة تطبيقها في الموقع وعدم توفر قيمة B_{max} في لوحة البيانات الخاصة بمحول التيار فسنستعوض عنها بمعادلة تقريبية لحساب قيمة أعلى جهد على اطراف الملف الثانوي لمحول التيار وهي قيمة V_{knee} و التي بعدها يدخل محول التيار في مرحلة التشبع

$$V_k = \frac{\text{rated } VA}{I_n} \times ALF + I_n \times R_{CT} \times ALF$$

لحساب هذه المعادلة نحتاج كل من قيمة الحمل VA burden و قيمة مقاومة محول التيار والتي نأخذها من اختبار المقاومة احد اختبارات محول التيار التي سنتعرض لها لاحقا بالتفصيل وكذلك معامل دقة القراءة ALF و الذي سنتعرف عليه أيضا بعد قليل

1-3 تأثير الحمل على محول التيار CT Burden :

يعرف الحمل بأنه قيمة V_A الموجودة في دائرة الجانب الثانوي لمحولات التيار او الجهد وأحيانا يعرف بالمقاومة وهو من النقاط الهامة و التي لا بد من أخذها في الاعتبار عند إختيار محول التيار وهو يشمل مقاومة الأسلاك و مقاومة جهاز الحماية وكلما كانت مقاومة جهاز الحماية قليلة كلما كان ذلك أفضل وكلما زادت مقاومة الجهاز كلما زاد الجهد بين أطراف محول التيار الثانوي واقترب من نقطة الانحناء وهذا يعني ان محول التيار على وشك التشبع



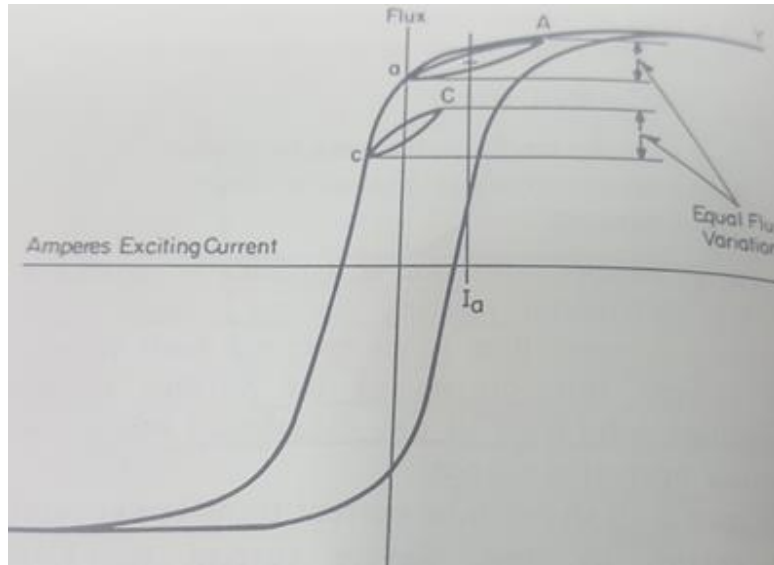
الشكل 7A-1: تأثير زيادة الحمل Burden على محول التيار

• ما الفرق بين محولات التيار لأجهزة القياس و لأجهزة الحماية ؟

الجهد الذي ينشأ على أطراف الملف الثانوي لمحول تيار أجهزة الحماية أعلى بكثير من الجهد الذي ينشأ على أطراف الملف الثانوي لمحول تيار أجهزة القياس وهذا متوقع حتى لا يدخل محول التيار المستخدم لأجهزة الحماية إلى مرحلة التشبع سريعا عند حدوث الأعطال فلا بد لجهاز الحماية ان يقرأ تيار العطل ويقارنه بقيمة الضبط لديه حتى يقرر فصل المغذي او المعدة أما أجهزة القياس فالمطلوب منها الدقة في القراءات ولا تستحمل قيم التيارات العالية الناشئة من تيار العطل

1-4 مشكلة الفيض المتبقي في محول التيار Residual Flux :

أي قلب حديدي يبقى فيه فيض مغناطيسي حتى في حالة ان محول التيار غير متوصل او خارج الخدمة وهذا الفيض يتكون بعد آخر توصيل لمحول التيار او بعد إختبار منحنى المغناطيسية عليه أثناء الصيانة وعند إرجاع محول التيار في الخدمة فإن الفيض الجديد سيضاف إلى الفيض القديم ويكون بين النقطتين a و A كما في الشكل 1-8 وينشأ عندها تيار حثي I_a على الجانب الثانوية بدون ان يكون له تيار مكافئ من الجانب الابتدائي ويختفي بعد وقت time constant ويعتمد على قيمة R, X لدائرة الجانب الثانوي لمحول التيار ثم ينتقل بعدها الفيض إلى النقطة في المنتصف بين النقطتين c, C . تعرف كلمة Remanence او remanent flux في المواصفة الأوربية IEC بانها قيمة الفيض التي تبقى في القلب الحديدي لمدة 3 دقائق بعد إنقطاع تيار الحث الناتج من تشبع القلب الحديدي [2] , [6]



الشكل 1-8 : الفيض المتبقي في محول التيار

وحتى نتخلص من هذا الفيض الفائض في محول التيار نقوم **اولا** بتسليط جهد عالي على أطراف الملف الثانوي لمحول التيار بحيث يتعدى هذا الجهد المسلط قيمة الجهد عند التشبع **وثانيا** يتم تخفيض الجهد تدريجيا إلى ان يصل الى صفر . بهذا الإجراء نكون قد ألعينا الفيض السابق بأن أضفنا له فيض جديد معاكس للفيض المتبقي ليلغيه .

1-5 بيانات مهمة لمحولات التيار حسب المواصفة الأوروبية IEC :

• معامل الحرارة Thermal rating factor:

من خصائص محولات التيار ما يسمى بمعامل الحرارة Thermal rating factor وهي اقصى قيمة للتيار الابتدائي التي يستطيع محول التيار تحملها بشكل مستمر بدون زيادة في درجة الحرارة عن **30 درجة مئوية** وعلى سبيل المثال إذا كان لدينا قاطع بسعة 1600 امبير فنستطيع ان نركب عليه محول تيار نسبته 5 / 1200 مع معامل حرارة بقيمة 1.33 وبالتالي قيمة التيار الذي سيتحمله محول التيار فعليا هو (1.33 x 1200) ويساوي 1600 امبير تقريبا

• التأثير الحراري للتيار الطبيعي Thermal continuous current rating:

محول التيار يمكنه تحمل 1.2 إلى 2 التيار الطبيعي الابتدائي المصمم عليه بشكل مستمر وتكون دائرة الثانوي متوصلة بحمل معين فمثلا لو كانت نسبة التحويل لمحول التيار 1/ 600 فإن محول التيار يستحمل مرور تيار يصل إلى 1200 امبير بشكل مستمر بدون ارتفاع في حرارة محول التيار.

• التأثير الحراري للتيار الطبيعي لوقت قصير Rated short – time thermal current (Ith)

هو متوسط قيمة التيار الابتدائي R.M.S value الذي يتحمله محول التيار خلال ثانية واحدة بدون أي تأثير حراري ولا بد ان يكون الملف الثانوي مشروط secondary winding short circuited

$$I_{th} = I_k \sqrt{(t + 0.05 (50/f))}$$

$$I_k = \frac{S_{sc}}{\sqrt{3} * U_n}$$

بناء على مواصفة الشركة السعودية لنقل الكهرباء National Grid Saudi Arabia

50-TMSS-01 فإن قيم التيارات لوقت قصير Short time current ratings لمحولات التيار لابد وأن تكون مساوية أو أعلى من قيم تيارات العطل للمعدات أو Switchgear المتركة عليها كما ذكرت المواصفة التيارات المحددة للمعدات وهي :
Rated Short Time Thermal Current-Ith (kA rms)
(21, 25, 31.5, 40, 50, 63 kA rms)

• **التيار الطبيعي الديناميكي (Idyn) : Rated dynamic current**

هو أعلى تيار من جهة الملف الابتدائي و الذي يتحمله محول التيار بدون أي ضرر (كهربائي أو ميكانيكي) بسبب القوى المغناطيسية أثناء عملية التحويل ويقاس هذا التيار عندما يكون الملف الثانوي مقصور secondary winding short circuited ويعتبر تقريبا ضعفي إلى ثلاثة أضعاف Ith

$$I_{dyn} = (2 - 3) \times I_{th}$$

وبناء على مواصفة الشركة السعودية لنقل الكهرباء فإنها تساوي 2.6 Ith وحسب المواصفة الأوروبية IEC standards فإن هذه القيمة تكون على الشبكات التي ترددها 60 هيرتز اما التي ترددها 50 هيرتز فالقيمة تساوي 2.5 Ith أما في المواصفات الأمريكية ANSI/IEEE فإن القيمة تساوي 2.7 Ith في الشبكات التي ترددها 60 هيرتز

ملاحظة : هذه العوامل لا يتطلب اختبارها من ضمن اختبارات محول التيار ولكنها قد تعطى إما في لوحة البيانات او ضمن وثائق المصنع لمحول التيار وهي مهمة في مرحلة تصميم المحطة وعند طلب الشراء لمحول التيار وأيضا مهم لموظفي الصيانة ان يكون لهم دراية تامة بهذه التعاريف وبالمواصفات و المقاييس العالمية بشكل عام

1-6 نسب الخطأ في محولات التيار و الجهد :

لتحقيق موثوقية عالية لأجهزة الحماية لابد ان تكون قراءات محولات الجهد و التيار دقيقة جدا لذا لابد من حساب نسبة الخطاء فيها وتطبيقها على مواصفات محولات الجهد او التيار

1-6-1 نسبة الخطأ على محولات الجهد :

1- خطأ النسبة Ratio error :

يحسب عن طريق المعادلة التالية

$$\frac{(K_n V_s - V_p)}{V_p} \times 100\%$$

يكون الخطأ موجب إذا كان مقدار الجهد على الملف الثانوي اعلى من قيمة الجهد الطبيعية حسب نسبة التحويل وهذا يحصل إذا كان الحمل المتصل بمحول الجهد حمل منخفض ويكون الخطأ سالب إذا كان العكس وهذا يحصل إذا كان الحمل المتصل بمحول الجهد حمل عالي والخطأ يكون كما هو واضح في المعادلة بالنسبة المئوية

2- خطأ الطور Phase error :

يوضح هذا الخطأ متى يتأخر او يتقدم مقدار الجهد على الثانوي عن الجهد على الابتدائي فيكون الخطأ موجب إذا الجهد الثانوي يتقدم الجهد الابتدائي ويكون الخطأ بالسالب إذا تأخر الجهد على الملف الثانوي عن الجهد على الملف الابتدائي ويحسب بالدقائق

Accuracy Class	0.8 - 1.2 x rated voltage 0.25 - 1.0 x rated burden at 0.8pf	
	voltage ratio error (%)	phase displacement (minutes)
0.1	+/- 0.1	+/- 5
0.2	+/- 0.2	+/- 10
0.5	+/- 0.5	+/- 20
1.0	+/- 1.0	+/- 40
3.0	+/- 3.0	not specified

الشكل 1-8 : جدول يوضح نسبة الخطأ لمحولات الجهد المستخدمة في القياس

Accuracy Class	0.25 - 1.0 x rated burden at 0.8pf 0.05 - Vf x rated primary voltage	
	Voltage ratio error (%)	Phase displacement (minutes)
3P	+/- 3.0	+/- 120
6P	+/- 6.0	+/- 240

الشكل 9-1 : جدول يوضح نسبة الخطأ لمحولات الجهد المستخدمة مع أجهزة الحماية

1-7 خطأ محول التيار CT ERRORS:

من العوامل التي تزيد من نسبة الخطأ لمحول التيار هو زيادة الحمل عليه . ويوجد نوعين من الأخطاء لمحولات التيار

1- خطأ الطور Phase error :

وهو عبارة عن فرق الزاوية بين التيار الثانوي I_s و تيار الحث I_e وفي حالة كان الحمل على دائرة الثانوي حثي inductive load سيتسبب في زيادة خطأ الطور ولتقليل هذا الخطأ يقوم المصنع بتقليل عدد لفات الملف الثانوي بهدف تقليل المقاومة الداخلية للملف الثانوي لمحول التيار Lowering the secondary internal impedance

2- الخطأ المركب Composite error :

يعرف هذا الخطأ حسب المواصفة الأوروبية IEC بأنه متوسط قيمة الفرق بين التيار الابتدائي و التيار الثانوي ويمثل بالنسبة المئوية بالمعادلة التالية

$$\varepsilon_c = \frac{100}{I_p} \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T (K_n i_s - i_p)^2 dt}$$

قيمة متوسط التيار الابتدائي RMS value هو I_p و كل من i_p , i_s هما القيمة اللحظية لتياري الملف الابتدائي والثانوي instantaneous current ونسبة التحويل لمحول التيار

Kn و T هو زمن دورة كاملة للتيار وتكون 1/60 إذا كان التردد في الشبكة 60 هيرتز و 1/50 إذا كان التردد في الشبكة 50 هيرتز.

3- معامل دقة القراءة Accuracy limit factor(ALF)

مهمة أجهزة الحماية ان تستجيب للأعطال و التي تكون فيها التيارات أعلى بكثير من القيم الطبيعية. لابد أن يكون محول التيار ذو دقة عالية وحتى قيم عالية من التيارات لتحقيق هذا الغرض . أعلى قيمة للتيار المتولد من الطرف الثانوي لمحول التيار يسمى Accuracy limit current ولتحديد معامل الدقة و التي لابد ان تكون قراءة التيار في المدى المسموح به نقسم قيمة accuracy limit current على قيمة التيار الطبيعي Rated current ويسمى هذا العامل Accuracy limit factor (ALF) ويعرف أيضا بمعامل التشبع saturation factor . أهمية هذا العامل انه يعطيك تصور عن أقصى تيار يمر في الجانب الابتدائي دون ان تتأثر دقة القراءة في الجانب الثانوي والتي بعدها تزيد احتمالية تشبع القلب الحديدي وتشوه تيار الثانوي نعرف هذا العامل من خلال لوحة البيانات لمحول التيار name plate من خلال درجته CT class وبالتحديد class P وهو الأكثر شيوعا لأجهزة الحماية فلو كانت درجة محول التيار 5 P 10 وكانت نسبة التحويل 600 / 1 فهذا يعني ان محول التيار هذا له دقة قياس قدرها 5 % ويمكنه المحافظة على هذه الدقة إلى حد ان التيار الابتدائي تضاعف إلى 10 اضعاف قيمته الطبيعية (600 امبير X 10) او 10 اضعاف تياره الثانوي وهو 1 امبير والرقم 10 هو معامل الدقة ALF

4- خطأ نسبة التحويل Ratio error or current error :

يعرف هذا الخطأ طبقا للمواصفة الأوربية بأنه نسبة الخطأ المئوية لعدم تطابق نسبة التحويل الحقيقية لمحول التيار Actual transformation ratio وهي النسبة بين التيار الابتدائي الحقيقي بعد القياس إلى التيار الثانوي الحقيقي مع نسبة التحويل الطبيعية لمحول التيار (Kn) Rated transformation ratio وهي النسبة بين التيار الطبيعي الابتدائي لمحول التيار إلى التيار الطبيعي الثانوي وذلك حسب نسبة التحويل المعطاه في لوحة البيانات الخاصة بمحول التيار

$$\text{Current error \%} = \frac{(K_n I_s - I_p) \times 100}{I_p}$$

1-8 أنواع محولات التيار CT TYPES :

يوجد عدة اشكال من محولات التيار كل منها له استخدام حسب نوع الجهد



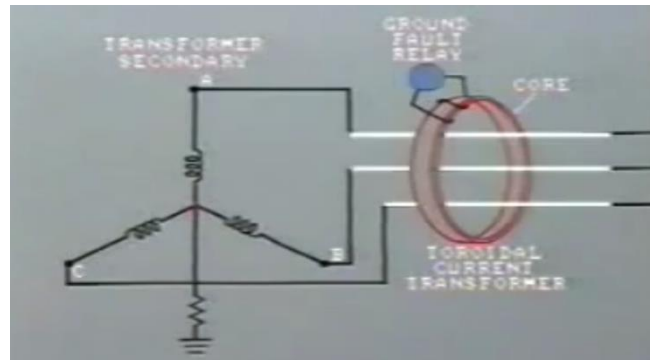
SPLIT CORE TYPE CT



WINDOW (RING) TYPE CT



BAR TYPE CT



Toroidal TYPE CT

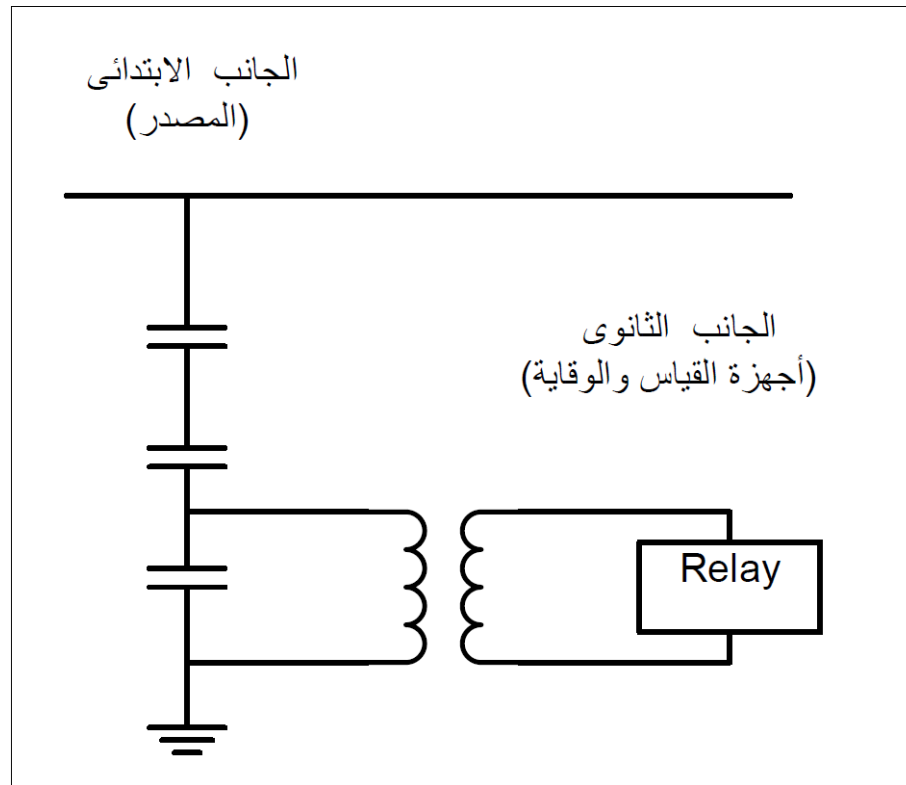
حسب مواصفة الشركة السعودية لنقل الكهرباء National Grid Saudi Arabia 50-TMSS-01 بأن محولات التيار لابد أن تكون من النوع الحلقي ring type سواء كان النوع الحلقي المتكامل continuous ring او المنفصل split core أو من نوع bushing type or freestanding type مع ضرورة أن يتحمل محول التيار أي شرارة arc fault بداخل ملفاته حسب قيم التيارات ومدة الشرارة الموضحة في المواصفة الأوربية العالمية IEC61869-1 ولابد أن يكون له حماية من الصدأ و التآكل corrosion أو يطلى بمادة خاصة لمنع التآكل protective coating to the exposed surface ويجب ان يكون تركيب محول التيار مانع من أي تهريب لما بداخله low leakage construction .

بالنسبة لمواصفات القلب الحديدي و الخاص بمحولات التيار المتصلة بأجهزة الحماية لابد بأن يكون مصنوع من مادة السليكون high grade grain-oriented, silicon steel مع عدم وجود أي فراغات بداخله non-gapped construction أما محولات التيار المتصلة بأجهزة القياس فإن مادة القلب الحديدي لها هي النيكل nickel alloy type. بحيث يكون أقل فقد ودقة عالية جدا ومستوى منخفض في منحني التشبع low saturation levels. المواصفة أيضا توضح مواد العازلية وطريقة التركيب لمحولات التيار حسب مستوى الجهود كما هو في الجدول التالي

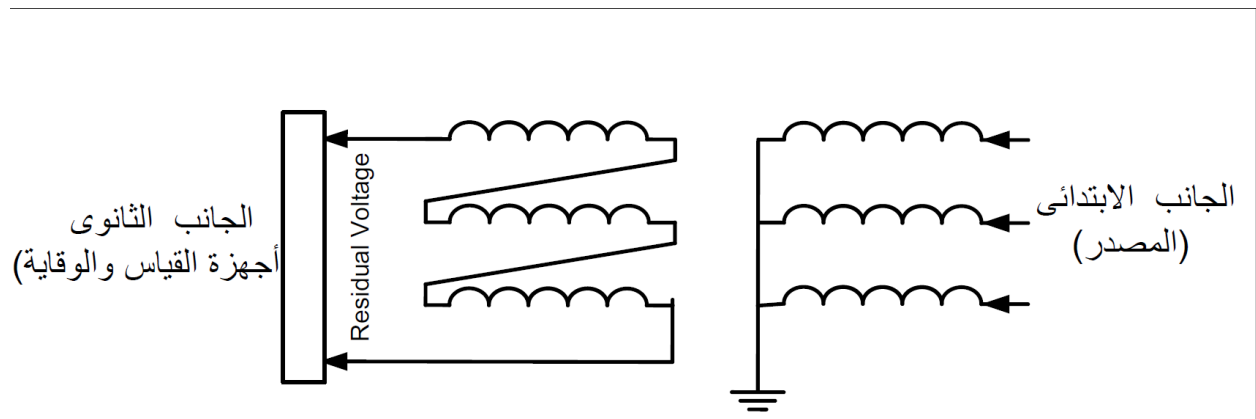
Nominal Voltage	Installation Indoor/Outdoor	Type of CT Insulation
11kV or 13.8kV	Indoor (Bushing or Ring Type (continuous ring and split core))	Cast Resin
11kV or 13.8kV	Outdoor (Bushing or Ring Type (continuous ring and split core))	Cast Resin/Porcelain
33kV & 34.5kV	Indoor (Bushing or Ring Type (continuous ring and split core))	Cast Resin
33kV & 34.5kV	Outdoor	Mineral Oil Filled
69kV	Indoor	Cast resin/Silicone Liquid Filled
69kV, 110kV, 115kV & 132kV	Outdoor	Mineral Oil Filled
230kV & 380kV	Outdoor	Mineral Oil Filled

كما تحتوي المواصفة على تفاصيل كثيرة مثل نوعية العوازل المستخدمة على الملف لمحولات التيار ومواصفات الابتدائي وكذلك مواصفات الأسلاك و المواد و الأطراف المواد و العازلية لملفات الابتدائي والثانوي لمحولات التيار و كذلك مواصفات أطراف التأريض للأسلاك في دائرة الملف الثانوي وماهي الاختبارات المصنعية المطلوب توفرها من المصنع Type tests Insulator housing

9-1 أنواع محولات الجهد VT TYPES :



Capacitive type VT



Residually connected type VT

1-10 اختبارات محول التيار CT TESTING :

1- اختبار نسبة التحويل Ratio test

مبدأ عمل الاختبار هو ان نحقق قيمة محددة من التيار الابتدائي وتعتبر هذه القيمة الحقيقية له Actual Primary Current (APC) ونقيس قيمة التيار الثانوي لمحول التيار وهي القيمة الحقيقية له Actual secondary Current (ASC) وبعدها نحسب نسبة التحويل الحقيقية وهي

$$RATIO = \frac{APC}{ASC}$$

وبعدها نطبق معادلة نسبة الخطأ في التحويل Ratio or current error والتي تطرقنا لها تحت البند 1-7 . وفي حالة أن نسبة التحويل غير صحيحة ما الذي سيحدث ؟

إذا كان محول التيار متصل بحماية تفاضلية فإنها ستفصل الخط عند مجرد تشغيله وإن كان محول التيار متوصل بحماية مسافية فستظهر اختلافات في القراءة بين قيم الضبط لمناطق معاوقات الخط zone reaches وبين القيم المقاسة

2- اختبار مقاومة محول التيار الثانوي CT secondary resistance test :

تعرف مقاومة الملف الثانوي لمحول التيار R_{ct} حسب المواصفة الأوربية على أنها قيمة مقاومة التيار المستمر للملف الثانوي secondary winding dc resistance بالأوم وذلك عند درجة حرارة 75 درجة مئوية وبناء على التعريف سيكون الاختبار كالتالي :

1- نقوم بحقن تيار مستمر dc current إلى الملف الثانوي لجعل محول التيار في مرحلة التشبع CT saturated وهي التي يجب ان يقاس عندها مقاومة ال CT ثم نقيس الجهد dc على طرفي الملف الثانوي ونحسب قيمة المقاومة كالتالي

$$R_{dc} = \frac{V_{dc}}{I_{dc}}$$

2- نقوم بتحويل قيمة المقاومة المحسوبة (مع تسجيل درجة الحرارة في الموقع الذي نختبر فيه محول التيار) إلى درجة الحرارة القياسية (75 درجة مئوية) ونطبق المعادلة التالية

$$R = R_o [1 + \alpha(T - T_o)]$$

$$T = 75^{\circ}C$$

$$\alpha = 3.9 * 10^{-3} / ^{\circ}C \rightarrow \text{Copper}$$

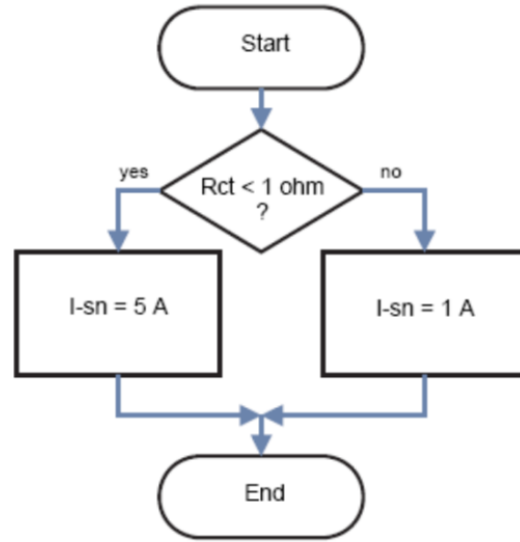
T0 هي درجة حرارة الموقع الذي نختبر فيه محول التيار و R0 هي قيمة Rdc المحسوبة في الخطوة الأولى. ويتم مقارنتها مع قيمة المقاومة المختبرة في المصنع عند درجة الحرارة القياسية . تكون مقاومة ملف محول التيار صغيرة ويظهر ذلك في قلة عدد اللفات في الملف الثانوي او الابتدائي وكبر مقطع اسلاك الملف وذلك لتجنب انخفاض الجهد Voltage drop على دائرة الحمل على الملف الثانوي

• ماذا لو لم نقيس مقاومة محول التيار الثانوي ؟

تعتبر مقاومة محول التيار جزء مهم لحساب الحمل burden على محول التيار وهو جزء من دائرة المحول الثانوي وإذا لم يحسب ضمن حمل المحول فقد يتسبب ذلك بإضافة أحمال أعلى من سعة المحول وتكون العاقبة بان يقل التيار الثانوي بسبب زيادة مقاومة الحمل overburden وسيزيد تيار الحث Ie كما هو موضح في الدائرة المكافئة لمحول التيار في الشكل 1-3

• كيف اتأكد من أن قيمة مقاومة محول التيار الثانوي المقاسة صحيحة او لا ؟

هناك طريقة علمية بناء على المواصفة الأوربية لمعرفة صحة قيمة المقاومة وهي اذا كانت قيمة التيار الثانوي الطبيعي لمحول التيار Rated secondary current تساوي 1 أمبير فإن مقاومة الملف الثانوي له تكون أعلى من 1 اوم وإذا كانت قيمة التيار الثانوي الطبيعي لمحول التيار Rated secondary current تساوي 5 أمبير فإن مقاومة الملف الثانوي له تكون أقل من 1 اوم و المخطط التدفقي Flow chart في الشكل 1-10 يوضح هذه الطريقة



الشكل 1-10 : مخطط تدفقي يوضح طريقة التأكد من قيمة R_{ct} المحسوبة

3- اختبار حمل محول التيار CT burden test :

يعرف الحمل حسب المواصفة الأوربية بأنه قيمة مقاومة دائرة الثانوي لمحول التيار بالأوم عند قيمة معامل القدرة Power factor محدد و عند قيمة التيار الثانوي الطبيعي Rated secondary current ويعبر عادة عن الحمل بالقدرة الظاهرية Apparent power ووحدتها VA ولعمل الاختبار حسب المواصفة نقوم بالخطوات التالية :

- 1- أحقن قيمة التيار الثانوي الطبيعي لمحول التيار وذلك بفتح اللينكات الموجودة في Terminal Block (TB) والتي غالبا ما تكون موجودة في خلية القاطع LVP او LCC ويكون الحقن باتجاه جهاز الحماية او اجهزة القياس ويكون مكان الحقن هو اول نقطة في دائرة الملف الثانوي لمحول التيار حتى يتم احتساب مقاومة الأسلاك ويتم قصر محول التيار CT short circuit عند نفس نقطة الحقن وذلك افضل للسلامة اما في حالة ان المعدة في الخدمة فالقصر ضروري جدا وشرط قبل فتح اللينكات وعادة يكون الحقن إما 1 امبير و 5 امبير حسب نسبة التحويل لمحول التيار

2- قم بقياس الجهد على طرفي دائرة الثانوي والتي تشمل مقاومات أجهزة القياس او الحماية المتصلة على محول التيار وكذلك مقاومة الأسلاك . يتم تقدير مقاومة الأسلاك في الغالب بقيمة 0.33 اوم تقريبا وحسب مواصفات الشركة السعودية لنقل الكهرباء **50-TMSS-01** أن أسلاك دوائر محول التيار الثانوي تكون من النحاس ولا يقل قطر السلك عن 4 ملمتر .

3- اضرب قيمة التيار الذي حقنته في قيمة الجهد المقاسة وقارن القيمة مع قيمة الحمل بال VA و المعطاة لك في لوحة بيانات محول التيار.

لاحظ ان قيمة معامل القدرة PF لا يعطى لك ضمن بيانات المحول CT name
plate فكيف نعرف قيمة معامل القدرة عند قيمة الحمل **VA burden** ؟

تقول المواصفة الأوربية ان محول التيار الذي تكون قيمة الحمل المصمم عليه VA 5 او أعلى فإن معامل القدرة لهذا الحمل هو 0.8 (**PF = 0.8**) وفي حالة ان الحمل أقل من VA 5 فإن معامل القدرة لهذا الحمل هو 1 (**PF = 1**)

4- إختبار منحنى المغناطيسية CT magnetization curve test :

يتم إختبار منحنى المغناطيسية او التشبع حسب المواصفة الأوربية بالخطوات التالية :

1- نقوم بفتح القاطع للمعدة بمعنى فتح دائرة الملف الابتدائي لمحول التيار وذلك لسلامة العاملين على المعدة .

2- نقوم بتسليط جهد متردد من خلال جهاز جهد متغير Variac على الملف الثانوي لمحول التيار ونبدأ من قيمة جهد صغيرة ثم نترج إلى الأعلى ونقوم بتسجيل قيم الجهد في كل مرة

3- نقيس التيار الثانوي اثناء تسليط الجهد ونسجل قيمة القراءة امام كل قيمة جهد نسلطها على الملف الثانوي و هذه القراءة تمثل تيار الحث
excitation current .

4- في حالة تحقق زيادة 10 % من الجهد المسلط يقابلها زيادة 50 % من تيار الحث فإن قيمة الجهد قبل زيادة ال 10 % هي قيمة V_{knee} و النقطة التي تكون قبل الزيادة في التيار و الجهد هي نقطة الإنحناء Knee point كما تم توضيحها سابقا

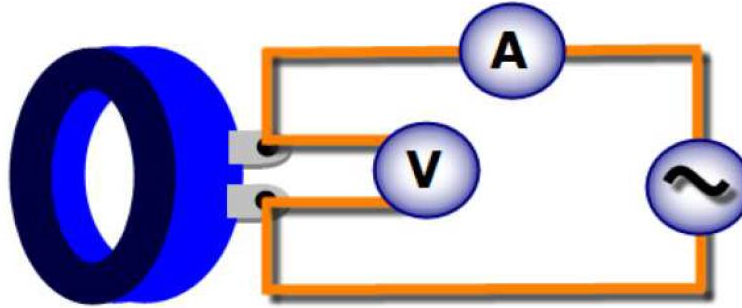
5- نقوم برسم المنحى بمعلومية قيم الجهود و التيارات وحتى يكون المنحى واضح لابد من تسجيل عدد من القراءات للجهود و التيارات قبل وبعد نقطة الإنحناء .

6- نبدأ في خفض قيم الجهد تدريجيا إلى الصفر في النهاية للتأكد من حدوث demagnetization للقلب الحديدي للتخلص من الفيض الفائض Residual flux و الذي تطرقنا له سابقا

7- قارن قيمة الجهد V_{knee} مع القيمة المحسوبة في المعادلة التقريبية

$$V_k = \frac{rated\ VA}{I_n} \times ALF + I_n \times R_{CT} \times ALF$$

والمفترض تكون قريبة منها وذلك للتأكد من صحة الإختبار



الشكل 1-11 : طريقة إختبار منحى المغناطيسية Magnetizing curve

- ماذا لو لم يتم إختبار منحى المغناطيسية ؟
الهدف من هذا الإختبار هو فحص دقة محول التيار وأيضا يمكن من خلاله فحص عدم وجود مشاكل على محول التيار مثل وجود قصر على الملفات الثانوية او أي ضرر على القلب الحديدي

- كيف أعرف مدى مناسبة محول تيار معين لإستخدامه مع جهاز حماية معين ؟

لمزيد من التوضيح نقوم بعرض المثال العملي التالي :

ما مدى إمكانية إستخدام جهاز الحماية من زيادة التيار O/C relay له مقاومة قدرها 0.02 اوم ومتوقع ان يمر فيه تيار عطل قدره 7226 امبير وذلك مع محول تيار بياناته كالتالي

$$CTR = 1000/5 , 7.5VA, 10P20$$

$$R_{CT} = 0.26 \Omega$$

$$R_L = 0.15 \Omega$$

نقوم بحساب أقصى جهد على طرفي الملف الثانوي Vs بالنسبة للحمل المعطى وذلك بجمع مقاومات دائرة ملف الثانوي لمحول التيار ونضربها في قيمة تيار العطل بعد تحويله إلى قيمة تيار ثانوي بضربه في نسبة التحويل

$$V_s = I_{\text{fault}}(\text{sec}) * (R_{ct} (\text{CT secondary resistance}) + R_{\text{relay}} + R_L (\text{Leads resistance}))$$

$$V_s = 7226 * 5/1000 * (0.26 + 0.02 + 0.15) = 15.54 \text{ Volts}$$

ثم نقوم بتطبيق معادلة V_{knee} لتحديد اعلى جهد يتحمله محول التيار ولو زاد عنه يدخل في مرحلة التشبع

$$V_k = \frac{\text{rated } VA}{I_n} \times ALF + I_n \times R_{CT} \times ALF$$

$$V_K = 7.5/5 * 20 + 5 * 0.26 * 20 = 56 \text{ Volts}$$

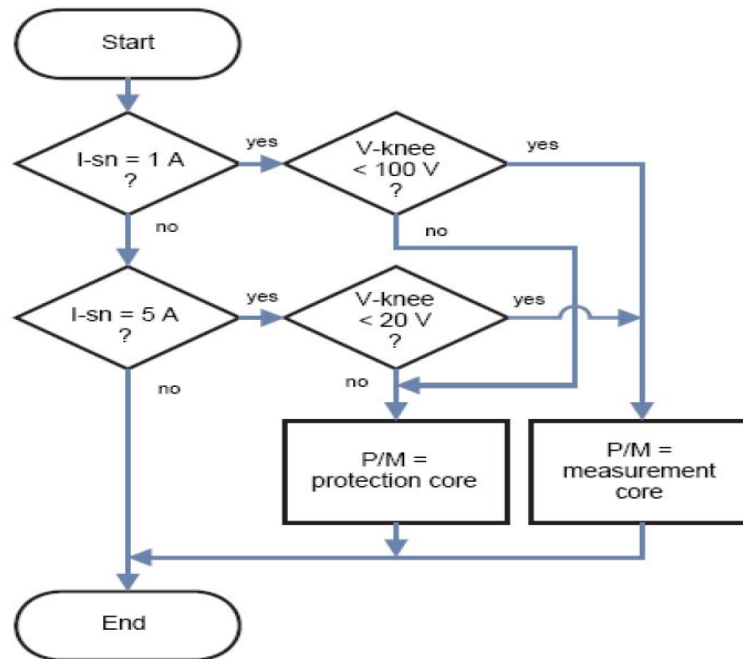
حيث ان قيمة تيار الملف الثانوي الطبيعي 5 امبير كما هو في نسبة التحويل وقيمة ALF تساوي 20 كما تم شرحه سابقا . وحيث ان $V_s < V_k$ فذلك يدل على ان جهاز الحماية يمكن ان يستخدم مع محول التيار هذا

- افترض انه تم تسليمك نتائج فحص إختبار محول تيار معين ولايوجد في تقرير الإختبار Test report أي بيانات حول محول التيار وفي ماذا يستخدم , فكيف

تستطيع ان تعرف ان محول التيار هذا يستخدم في أجهزة الحماية او في أجهزة القياس ؟

من خلال قيمة V_{knee} من إختبار منحني المغناطيسية تستطيع ان تعرف ذلك بإستخدام قاعدة عملية بسيطة وهي :

إذا كانت قيمة V_{knee} أقل من 100 فولت والتيار الثانوي الطبيعي لمحول التيار هو 1 امبير فهذا المحول يستخدم غالبا لغرض القياس اما إن كانت قيمة V_{knee} أعلى من 100 فولت فهو يستخدم لغرض الحماية وفي حالة ان التيار الثانوي الطبيعي 5 امبير وكانت قيمة V_{knee} أقل من 20 فولت فمحول التيار يستخدم لغرض القياس وإن كانت أكثر من 20 فولت فمحول التيار يستخدم لغرض الحماية . ويوضح الشكل 1-12 مخطط تدفقي Flow chart يلخص هذه القاعدة العملية



الشكل 1-12 : مخطط تدفقي يوضح الية معرفة إستخدام محول التيار بمعلومية قيمة V_{knee}

- كيف نختبر درجة محول التيار CT class المعطاه في مواصفات محول التيار في الموقع ؟

لفهم امثل لطريقة لفحص CT class سنعتمد على المثال التطبيقي التالي :

CT Name Plate information:

حسب بيانات محول التيار فإن قيمة
معامل الدقة A.L.F هو 10
ولحساب اكبر تيار ثانوي يحوله محول التيار I_{MAX} نقول :

$$I_{MAX} = A.L.F \times I_N$$

$$I_{MAX} = 10 \times 1$$

$$I_{MAX} = 10$$

وحسب درجة محول التيار 5P10 فإن نسبة الخطأ في القراءة عند 10 أضعاف التيار الثانوي تكون 5 % وقيمة التيار الذي يمثل نسبة الخطأ في قراءة أجهزة الحماية هو تيار الحث Excitation current والذي يذهب داخل محول التيار في المعاوقة X_m في الدائرة المكافئة لمحول التيار في الشكل 1-3 ولو زاد التيار عن 10 أضعاف ستزيد قيمة excitation current

$$5\% \text{ of } I_{MAX} = 0.05 \times 10 = 0.5A$$

نحسب قيمة الجهد الذي سنسلطه على اطراف الملف الثانوي ونقيس عنده قيمة تيار الحث والمفترض ان لا تتجاوز 0.5 امبير وذلك بالخطوات التالية

1- نحسب المعاوقة الكلية لدائرة الحمل لمحول التيار Z_B

$$Z_B = \frac{VA}{I^2} = \frac{10}{1} = 10\Omega$$

2- نقوم بحساب كل من مقاومة الحمل R_B ومفاعلة الحمل X_B

$$R_B = Z_B \times \cos \theta$$

$$X_B = Z_B \times \sin \theta$$

3- نستنتج قيمة الزاوية من خلال ما تطرقنا إليه سابقا عن قيمة PF بناء على قيمة الحمل VA المعطاه ضمن بيانات المحول وحسب المواصفة الأوربية وهنا طالما ان قيمة الحمل 10 VA إذا قيمة معامل القدرة هي $PF = 0.8$

$$\theta = \cos^{-1}(0.8) = 36.869$$

$$\sin(\theta) = 0.6$$

$$RB = 10 * 0.8 = 8\Omega$$

$$XB = 10 * 0.6 = 6\Omega$$

4- نقوم بحساب كل من المقاومة و المفاعلة لدائرة الملف الثانوي

The total load resistance $R_{LOAD} = R_{CT} + R_B + R_{Leads}$

R leads = 0.3 ohm (Approximately fixed value)

$$R_{Load} = 8 + 2 + 0.33 = 10.33 \text{ ohm}$$

$$X_{Load} = XB = 6 \text{ ohm}$$

$$Z_{LOAD} = \sqrt{(R_{LOAD})^2 + (X_{LOAD})^2}$$

$$= 11.946 \text{ ohm}$$

5- نقوم بحساب الجهد على اطراف الملف الثانوي

$$\text{Secondary Limiting EMF} = Z_{LOAD} \times I_{SEC} \times ALF$$

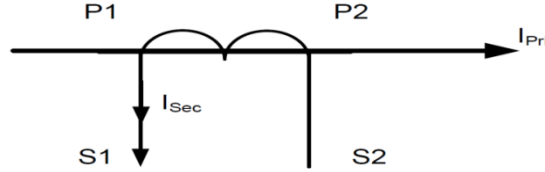
$$= 11.946 \times 1 \times 10$$

$$= 119.46 \text{ Volts}$$

6- نقوم بتسليط قيمة الجهد 119.46 فولت على طرفي محول التيار ونقوم بقياس قيمة التيار ولا بد ان لا تتجاوز 0.5 امبير

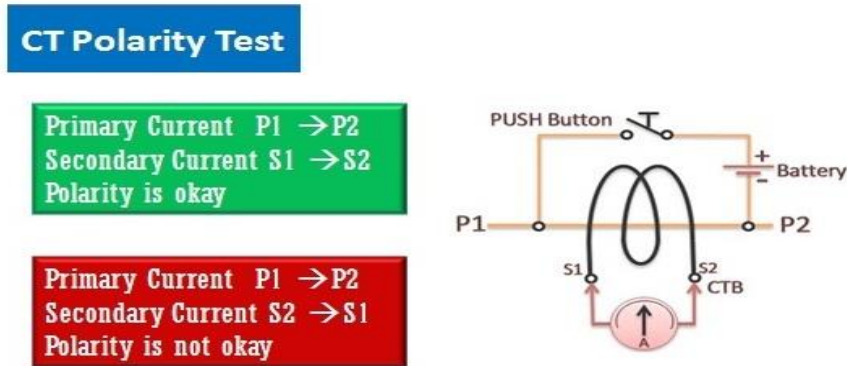
5- اختبار القطبية لمحول التيار CT polarity test :

يعتبر هذا الاختبار من أهم الاختبارات لمحول التيار بحيث نختبر فيه إتجاهية محول التيار في الملف الثانوي ويمكننا تطبيق قاعدة بسيطة وهي ان التيار الثانوي يسري من S1 إلى S2 في دائرة الثانوي ويكون في عكس إتجاه التيار الابتدائي من P1 إلى P2 كما هو واضح في الشكل 1-13



الشكل 1-13 : تحديد إتجاه التيار في محولات التيارات مقارنة بالتيار الأصلي

وللتأكد من صحة القطبية نقوم بإجراء اختبار القطبية المعروف ب Flicker test حيث يوصل Moving coil voltmeter بين طرفي الملف الثانوي لمحول التيار بينما توصل بطارية جهد 6 فولت بين طرفي الملف الابتدائي كما في الشكل 1-14 فعند توصيل البطارية في الدائرة ينحرف مؤشر الفولتميتر إلى الجهة الموجبة وعند فصل البطارية ينعكس في الاتجاه الآخر او في حالة تغيير الأقطاب من ناحية الملف الثانوي وعندما تكون القطبية سليمة تكون S1 هي الطرف الموصل إلى موجب الفولتميتر



الشكل 1-14 : طريقة اختبار القطبية لمحول التيار

ماذا لو لم نعمل هذا الاختبار ؟

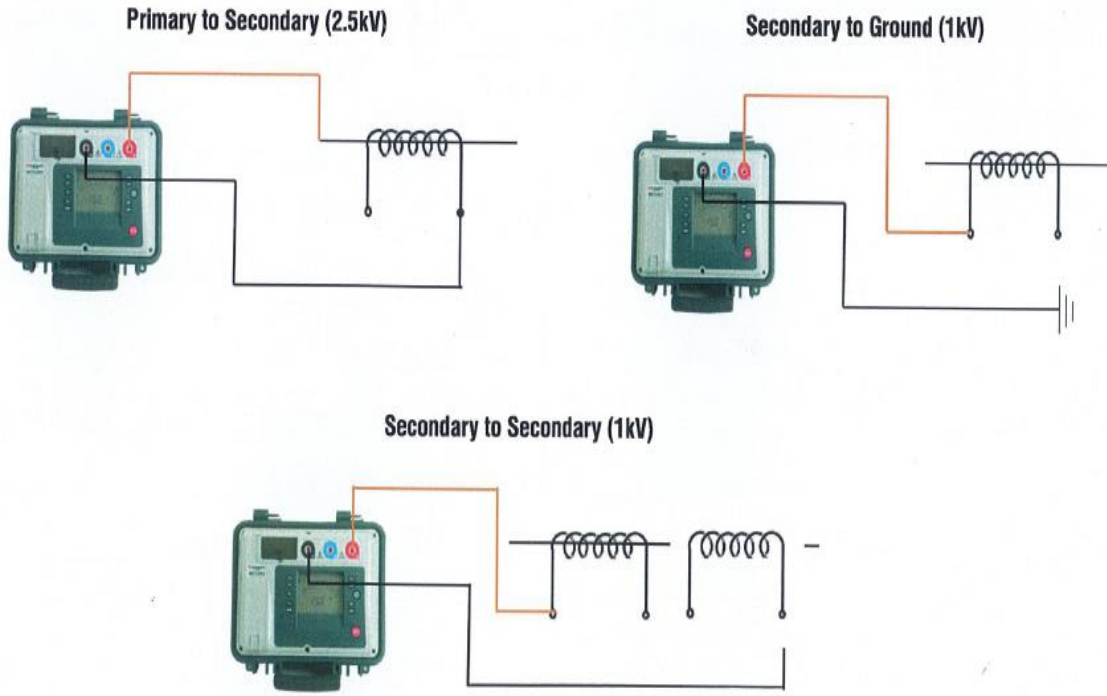
إذا تم توصيل محول تيار يخص حماية تفاضلية لأي معدة (خط هوائي , قضبان , خط أرضي (كيبيل) , محول , مولد) ولم يتم التأكد من صحة القطبية الخاصة به فأن الحماية التفاضلية سوف تفصل بشكل لحظي عند التحميل او بمجرد توصيل الجهد energizing وذلك في الخطوط الهوائية او الأرضية

وهناك اختبار خاص قبل توصيل المعدة للحمايات التفاضلية عليها يسمى stability test وهو يخص اختبار القطبية لمحاولات التيار بعد توصيلها للحمايات التفاضلية و يتم بعمل حقن للتيار على الجانب الابتدائي للمعدة وأخذ القراءات على أجهزة الحماية و التأكد من أنها تطرح التيارات الثانوية من محولات التيارات فعليا قبل توصيل المعدة في الخدمة وهو تطبيق عملي لقانون كيرشوف الأول و الذي ينص على ان مجموع التيارات الداخلة و الخارجة على نقطة واحدة (المعدة) تساوي صفر

6-إختبار العازلية CT Insulation test :

الهدف من هذا الإختبار هو فحص عدم وجود أي تأريض (غير التأريض الخارجي في الدائرة) على محول التيار او وجود مشكلة في الملفات او عازلية الأسلاك عليه تؤدي إلى تقليل قيمة المقاومة عليه

وطريقة الإختبار هي اننا نقوم بتسليط جهد قدره 500 إلى 1000 فولت على محول التيار على الملف الثانوي لمحول التيار مع الأرضي او مع ملف ثانوي آخر في نفس محول التيار sec core وذلك من خلال جهاز megger وهو الأكثر إستخداما لمدة دقيقة واحدة ثم يعطينا الجهاز قيمة العازلية بالأوم وعند وجود قيم كبيرة بالتيار او الجيجا يدل ذلك على ان عازلية محول التيار جيدة وبالنسبة لقياس العازلية ما بين الملف الابتدائي و الثانوي نسلط جهد قدره من 2.5 كيلو فولت على الأقل وإذا سلطنا جهود أعلى تكون قراءة العازلية أكثر دقة . والشكل 1-14A يوضح طرق توصيل إختبار عازلية محول التيار مع جهاز megger



الشكل 1-14A : فحص عازلية محول التيار بإستخدام جهاز megger

1-11 أنواع نسب التحويل لمحولات الجهد و التيار في السوق السعودي

أغلب نسب التحويل لمحولات التيار تكون من جهة الابتدائي 300 و 600 و 1200 و 2000 و 2500 و 3000 و 4000 وبالنسبة للمحولات المساعدة auxiliary transformer فتكون 50 أمبير اما من جهة الثانوي فتكون إما 1 امبير او 5 امبير

أما بالنسبة لنسب تحويل محولات الجهد فتكون من جهة الملف الابتدائي إما جهد 110 ك ف او 132 ك ف او 380 ك ف او 33 ك ف او 13.8 ك ف اما من جهة الملف الثانوي فتكون النسب اما 120 فولت او 115 فولت او 110 فولت أو 100 فولت ودائما تكون قيم الجهود Line to Line في لوحة البيانات Name plate.

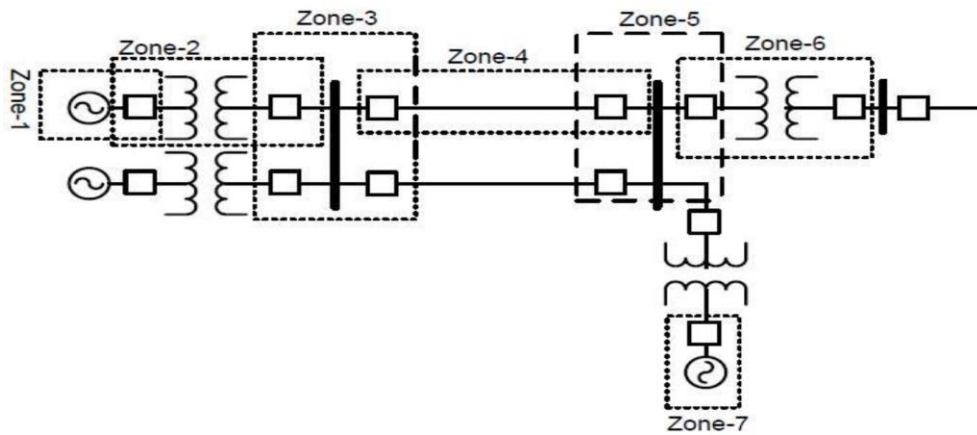
يتم اختيار محول التيار بحيث يكون أقرب نسبة تحويل يكون قيمة التيار الابتدائي فيها أعلى من التيار الطبيعي للمعدة Full rated current حتى لا تفصل الحماية على الحمل الطبيعي ويحسب بالمعادلة التالية :

$$I_{full\ load} = \frac{VA}{\sqrt{3}XVL - L}$$

1-12 موقع محول التيار CT location :

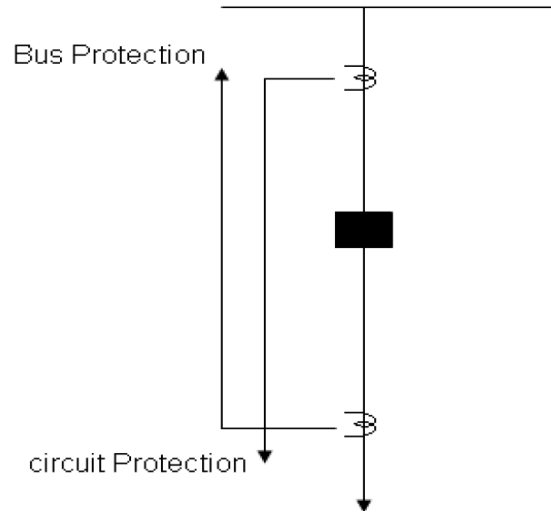
يتم تحديد موقع محول التيار بناء على المنطقة التي يحميها جهاز الحماية فكما ذكرنا سابقا أن محولات الجهد و التيار هما عينا أجهزة الحماية و التي من خلالهما تقوم بمقارنة القيم المقاسة مع قيم الضبط ليحدد بعدها قرار الفصل بعد الوقت المحدد له وتعتبر أجهزة الحماية مثل الجنود في المعركة كل جندي يراقب منطقة معينة ويكون هو من يطلق النار حينما يرى اقتحام للعدو على المنطقة التي يحميها وهناك جنود آخرين خلفه يصدوا العدو إذا لم يستطع هو القضاء عليه لأن خطر العدو لازال قائما . نفس هذا المبدأ هو المعمول به في أجهزة الحماية فكل جهاز حماية يراقب جزء معين في المعدة و كل منظومة حماية تركز على منطقة معينة في الشبكة وأيضا تشكل حماية احتياطية Back up protection للأجهزة أو الأنظمة الأخرى وكما أن الجندي الأقرب للعدو هو من عليه إطلاق النار في حين أن الجنود الآخرين يرقبوا وينتظروا الإشارة بالتدخل كذلك أجهزة الحماية التي يكون العطل أمامها تفصل بشكل لحظي أما الأجهزة التي يكون العطل خلفها أو بعيد عنها فهي تفصل بعد وقت معين

time delay او تنتظر إشارة مساعدة من الجهاز المقابل لها carrier send والذي يواجه العطل بشكل مباشر و لكنه لم يستطع فصله لوحده او يوجد مشكل في القاطع الذي عليه و يسمى الفصل المبني على Carrier receive من الطرف الآخر في بعض أجهزة الحماية مثل MiCOM – Aided trip يعني فصل إسعافي , ونلاحظ في الشكل 1-15 كيف تقسم الحماية على الشبكة إلى مناطق وتكون الأجهزة في كل منطقة عبارة عن حمايات أساسية لها واحتياطية للمناطق الأخرى



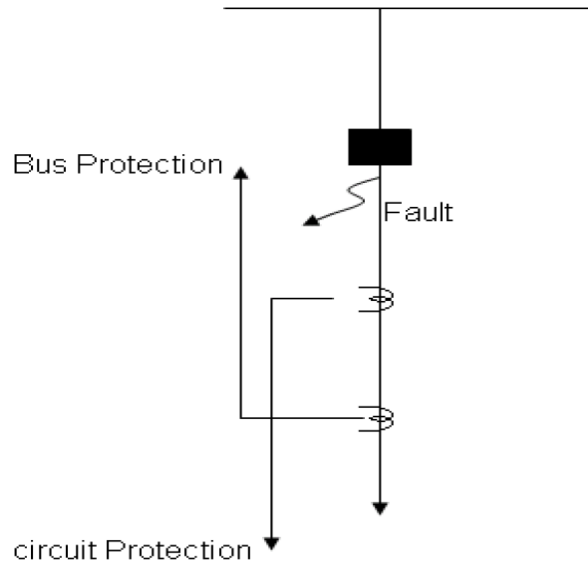
الشكل 1-15: تقسيم الحماية في الشبكة إلى مناطق Zones

في الشكل 1-16 نتكلم عن موقع محول التيار في المعدة متى يكون قبل القاطع Circuit breaker ومتى يكون بعده وكما هو واضح في الشكل و المثال يخص الخط الرابط بين محطتين فيكون موقع محول التيار الذي يخص أجهزة حماية الخط قبل القاطع وموقع محول التيار الذي يخص حماية القضبان الذي يتوزع منه هذا الخط بعد القاطع وهذا لسبب مهم جدا هو ان نحقق حماية للقاطع نفسه إذا حصل عليه عطل فإنه يفصل من كلا الحمايتين وكلا محولي التيار ينقلا نفس تيار العطل للأجهزة المربوطة بهما وهذا ما يسمى منطقة التداخل بين الحماية Overlapping zone وغالبا تكون القواطع هي من يحصل عليها التداخل بين الحماية من مختلف المناطق لأهميتها و لأنها الجزء المتحرك في الشبكة و المسؤول الأول عن العزل و التوصيل بين مناطق الشبكة

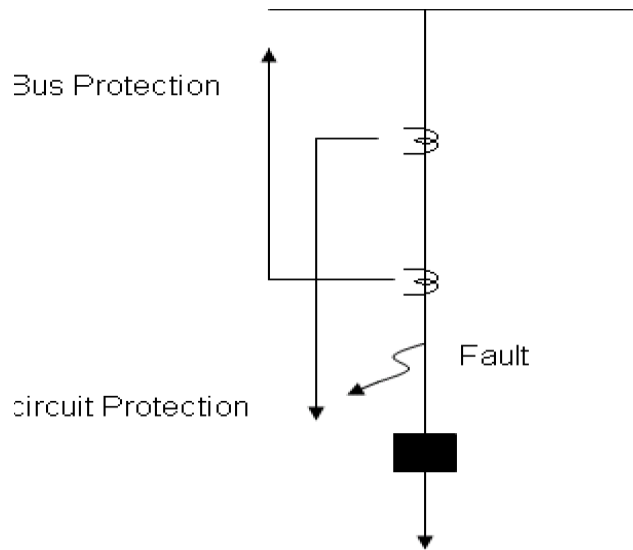


الشكل 1-16 : منطقة التداخل overlap zone لحماية القاطع

في الشكل 1-17 نلاحظ أنه في حالة عدم وجود تداخل على القاطع فسيفصل مع حماية القضبان على الرغم أن العطل هو بعد القاطع أي في منطقة الخط وسيستمر وجوده بدون عزل لأن حماية الخط Circuit protection لن تراه



الشكل 1-17 : حالة عطل بعد القاطع والتداخل بعد القاطع ولا يشملها



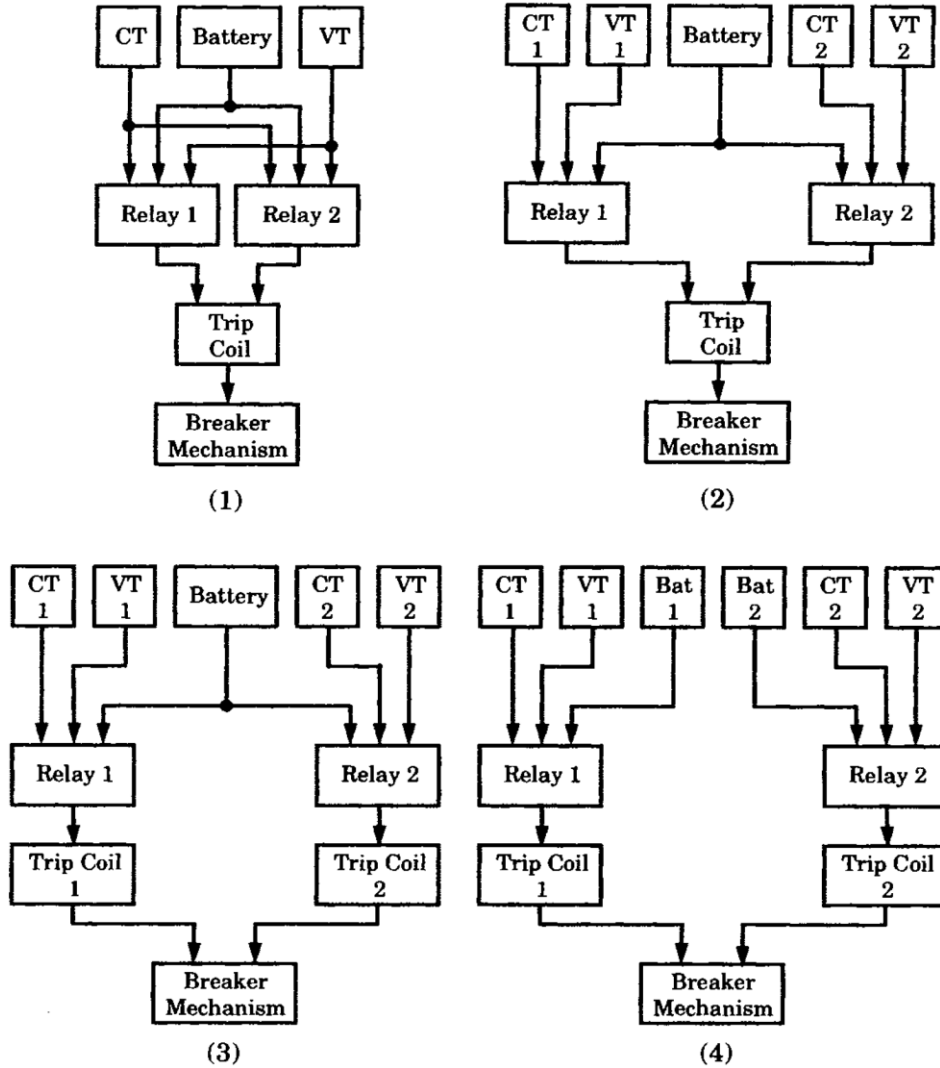
الشكل 1-18 : حالة عطل قبل القاطع والتداخل قبل القاطع ولا يشملها

في الشكل 1-18 يوضح حالة عطل قبل القاطع وحيث ان التداخل هنا قبل القاطع فإن الحماية التي سيفصل عليها القاطع هي حماية الخط ولكنها لن تعزل العطل وسيظل مستمر لان حماية القضبان Bus protection لن تراه على الرغم بان العطل في منطقتها

عمليا نجد بعض المصنعين يقومون بعمل التداخل إما قبل او بعد القاطع لهدف تصغير حجم switch gear وتوفير مساحة وتكلفة تصنيع ولكن هذا ليس عذرا لخسارة معدة بأكملها بسبب

عدم وجود حماية تعزل العطل حسب موقعه وحسب مواصفات الشركة الوطنية للنقل التابعة للشركة السعودية للكهرباء فإنه يجب ان يكون هناك تداخل بين الحماية على القواطع

• كيف يتم توصيل محولات الجهد و التيار في خلايا الحماية Protection Panels ؟



الشكل 1-19 : رسم توضيحي لتوصيل محولات التيار و الجهد مع أجهزة الحماية

الشكل 1-19 يوضح لنا طرق توصيل محولات الجهد و التيار مع خلايا الحماية وهذه بشكل عام وليس المقصود التطرق إلى تصميم شركة بعينها ولكنك قد ترى أحد هذه الأصناف موجودا في أحد المحطات ويعتمد ذلك على المواصفات التي تعتمد عليها كل شركة او مصنع

ومدى الحاجة إلى الوفرة في الأجهزة redundancy أو محولات الجهد و التيار و ذلك حسب مستوى الجهد وأهمية المعدة

13-1 كيف نختار محول التيار المناسب Current transformer selection

1- تحديد الخصائص الكهربائية للجانب الابتدائي لمحول التيار Determine electrical

:characteristics of primary circuit of CT

1- التردد frequency :

محول التيار المستخدم في شبكة ترددها 50 هيرتز يمكن تركيبه في شبكة ترددها 60 هيرتز وبنفس مستوى الدقة ولكن ليس العكس

2- الجهد الابتدائي Primary Voltage :

الجهد الطبيعي لمحول التيار لابد بأن يكون أعلى من أو يساوي الجهد الطبيعي للمعدة التي سيركب عليها

3- التيار الابتدائي Primary current :

$$I_{ps} = \frac{S}{\sqrt{3} \times U_s}$$

التيار الابتدائي هو عبار عن حاصل قسمة القدرة الظاهرية للمعدة على $\sqrt{3}$ مضروب في قيمة الجهد الخطي (Line to line voltage) على المعدة ويمكن استخدام هذه المعادلة لحساب التيار الطبيعي للمحولات و المولدات وللمغذي الرئيسي Main incomer اما فيما يخص المواتير Motors فنستخدم هذه المعادلة

$$I_{ps} = \frac{P}{\sqrt{3} \times U_s \times \cos \varphi \times \eta}$$

حيث ان η هي كفاءة الماتور efficiency of the motor وإذا لم تتوفر معلومات كل من معامل القدرة للماتور $\cos \varphi$ و كفاءته η يمكننا افتراضها كالتالي

$$\cos \varphi = 0.8 ; \eta = 0.8$$

في حالة المكثف capacitor feeder نستخدم المعادلة التالية

$$I_{ps} = \frac{1.3 \times Q}{\sqrt{3} \times U_s}$$

الرقم 1.3 يسمى معامل تقليل السعة De-rating factor وهو إضافة 30 % على طاقة المكثف الغير فعالة لتعويض الفقد الحاصل بسبب إرفاع الحرارة على المكثف نتيجة مرور تيار التوافقيات harmonics على المكثف

بالإضافة إلى قيم I_{th} و I_{dyn} التي تحدثنا عنها سابقا حسب تعاريفها في المواصفة الأوربية IEC60044 وأيضا هناك معامل يسمى **surge current coefficient**

$$K_{si} = \frac{I_{th} (1sec)}{I_{pn}}$$

وهو عبارة عن حاصل قسمة أعلى تيار يتحمله محول التيار لمدة ثانية بدون أي تأثير حراري على قيمة التيار الطبيعي . كلما كانت قيمة هذا المعامل قليلة كلما كان محول التيار ذو جدوى عالية .

4- تحديد معاملات دائرة الملف الثانوي CT Define secondary characteristics of CT

1- التيار الثانوي وهو إما أن يكون 5 أمبير أو 1 أمبير

2- إختيار درجة الدقة Accuracy class :

مثلا class 0.5 يكون لمحولات التيار الخاصة بأجهزة القياس أما class 1 يكون لمحولات التيار الخاصة بأجهزة القياس أو أجهزة الحماية ضد الاتزان للتيار (50N) residual current protection .

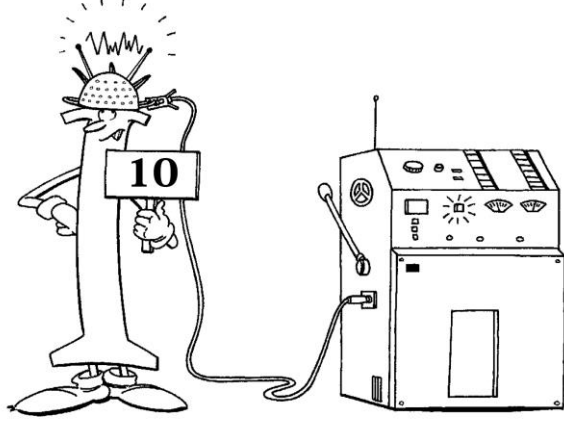
ClassP يستخدم لأجهزة الحماية ذات المعاوقة المنخفضة Low impedance protection و class X يستخدم للحمايات ذات المعاوقة العالية High impedance protection

3- حمل محول التيار CT burden ويتراوح بين هذه القيم في الغالب

2.5 VA - 5 VA - 10 VA – 15VA – 30 VA

ونلاحظ ان الحمل على محولات التيار الخاصة بأجهزة الحماية أعلى من التي تخص أجهزة القياس وذكرنا السبب في ذلك سابقا

4- تحديد معامل الأمان بالنسبة لمحولات التيار المستخدمة لأجهزة القياس Safety factor (SF)



هي قدرة تحمل محول التيار الخاص بأجهزة القياس ما بين 5 إلى 10 أضعاف التيار الطبيعي وهذا هو المقصود من معامل الأمان . FS

5- تحديد معامل الدقة لمحولات التيار الخاصة بأجهزة لحماية Accuracy limit factor (ALF)

بالنسبة لمحولات التيار المستخدمة مع مرحلات O/C من نوع DEF TIME أو Independent time فإن مقدار معامل الدقة ALF لمحول التيار لابد ان يخضع للمعادلة التالية

$$ALF > 2 \times \frac{I_r}{I_{sn}}$$

حيث أن I_r هي قيمة التيار الذي يعمل عنده مرحل زيادة التيار و I_{sn} هي قيمة التيار الثانوي الطبيعي لمحول التيار وهي محولة من قيمة التيار الابتدائي I_{ps} و التي عرفنا حسابها في البند 3-1 و إذا كان المرحل يحتوي على أكثر من قيمة ضبط $I >$ و $I >>$ فإننا نختار أعلى

قيمة تيار Highest set point اما بالنسبة لمرحلات زيادة التيار من نوع inverse characteristics او dependent time فإنه غالبا يكون أعلى قيمة تيار يكون الفصل فيه لحظي في جميع المنحنيات هو $10 \times I_{sn}$ وبالتطبيق في المعادلة بالأعلى فإن قيمة معامل الدقة يجب ان يكون أعلى من 20 ($ALF > 20$)



بالنسبة لحماية المحولات فإن غالبا أعلى تيار فيها يصل إلى $14 \times I_{sn}$ وبالتالي فإن قيمة معامل الدقة لمحول التيار الخاص بحماية المحولات لابد ان يكون أعلى من 28 ($ALF > 28$) بالتطبيق في المعادلة بالأعلى وبالنسبة لحماية المواطنين فإن أعلى تيار لها في الغالب $8 \times I_{sn}$ وبالتالي $ALF > 16$

6- تحديد توافق محول التيار من نوع CLASS X مع جهاز الحماية التفاضلي لأي
معدة :

تستخدم هذه المعادلة بغض النظر عن المصنع لجهاز الحماية

$$V_k \geq I_f (R_{ct} + R_b + R_r)$$

حيث أن V_k هي قيمة الجهد عند نقطة الانحناء في منحنى المغناطيسية وهذه إما تعطى في لوحة البيانات او يمكن قياسها وفحصها كما تعلمنا سابقا. R_{ct} مقاومة الملف الثانوي لمحول التيار و R_b مقاومة مسار دائرة الملف الثانوي (كامل الدائرة) بالأوم و R_r مقاومة جهاز الحماية التفاضلي I_f هو أعلى تيار للعطل خارج المنطقة المحمية بجهاز الحماية التفاضلية external fault of differential protection zone من ناحية الملف الثانوي و I_{cc} هو تيار العطل من ناحية الملف الابتدائي و K_n هو نسبة التحويل لمحول التيار

$$I_f = \frac{I_{cc}}{K_n}$$

1- الحماية التفاضلية للمولدات Generator differential protection
تيار العطل الخارجي للمولد يساوي تقريبا 7 اضعاف التيار الطبيعي للمولد

$$I_{cc} = 7 \times I_{generator\ n}$$

وفي حالة أننا لا نعلم قيمة $I_{generator\ n}$ فإننا نستطيع ان نقول تقريبا

$$I_{cc} = 7 \times I_{sn}(CT) , I_{sn}(CT) = 1\ A\ or\ 5\ A$$

$I_{sn}(CT)$ هي التيار الطبيعي الثانوي لمحول التيار حسب نسبة التحويل

2- الحماية التفاضلية للمواطير Motor differential protection

تيار العطل الخارجي للماطور يساوي تقريبا 7 أضعاف التيار الطبيعي للماطور وهو ما يسمى تيار البدء starting current

$$I_{cc} = 7 \times I_n = I_{start}$$

وفي حالة أننا لا نعلم قيمة التيار الطبيعي للماطور I_n فإننا نستطيع ان نقول تقريبا

$$I_{cc} = 7 \times I_{sn}(CT) , I_{sn}(CT) = 1 A \text{ or } 5 A$$

3- الحماية التفاضلية للمحول Transformer differential protection:

تيار العطل الخارجي للمحول I_{cc} يساوي تقريبا $20 \times I_{sn}(CT)$ وذلك في حالة أننا لانعرف قيمة تيار العطل للمحول وحسابه سهل جدا هو ببساطة قيمة تيار الحمل I_{ps} او $I_{full load}$ و التي ذكرناها سابقا مقسومة على النسبة المئوية للمحول $Z\%$ Percentage impedance of transformer

4- حماية القضبان التفاضلية Busbar differential protection :

تيار العطل الخارجي I_{cc} يساوي I_{th} لمحول التيار والذي عرفناه سابقا

5- الحماية التفاضلية للخط الأرضي او الهوائي Line / cable differential protection:

تيار العطل الخارجي I_{cc} للخطوط يعتمد على مقاومة الخط ولو لم تكن معلومات الخط موفرة يمكن إعتبارها بقيمة I_{th} لمحول التيار

6- إختيار محول التيار من الكتالوجات Select from the catalogue of "referenced" CT's حتى نتخذ هذا القرار نحتاج أن نمر على ثلاثة مراحل قبله وهي



- 1- نبحث عن وجود محول تيار مرجعي Reference CT بنفس المواصفات التي تطرقنا إليها سابقا
- 2- إذا لا يوجد نبحث عن محول تيار في الكتالوجات العامة توافق المتطلبات السابقة
- 3- إذا لا يوجد ... نقوم بعمل دراسة جدوى feasibility study

1-6 مزايا محول التيار المرجعي Reference CT advantages :

- 1- يتوفر لكلا الترتدين 60 و 50 هيرتز
- 2- يمكن تركيبه بسهولة على المعدات في الشبكة وذلك بمعرفة مستوى عازليتها
- Insulation and thermal withstand level
- 3- قيم التيارات الابتدائية متوفرة والتي تعادل قيمة تيار الحمل الطبيعي للمعدة مضروبا في معامل 1.5 بمعنى أنه أعلى بنسبة 50 % عن تيار الحمل للمعدة
- 4- تنطبق عليه مواصفات IEC العالمية
- 5- تكون درجة الدقة لمحولات التيار الخاصة بأجهزة القياس من نوع class 0.5

Identification plate of the delivered CT

network voltage characteristics
 assigned voltage: 24 kV
 resistance at industrial frequency: 50 kV 1 mn 50 Hz
 resistance to shock wave: 125 kV peak

CT type

network current characteristics
 I_{th}: 25 kA/1 s
 I_{dyn}: 62.5 kA peak

transformation ratio

CT n° with year of manufacture

safety factor (SF or LAF)

accuracy class

rated output

marking:
 1 primary circuit
 1 secondary winding for measuring S1 - S2

standard with TC

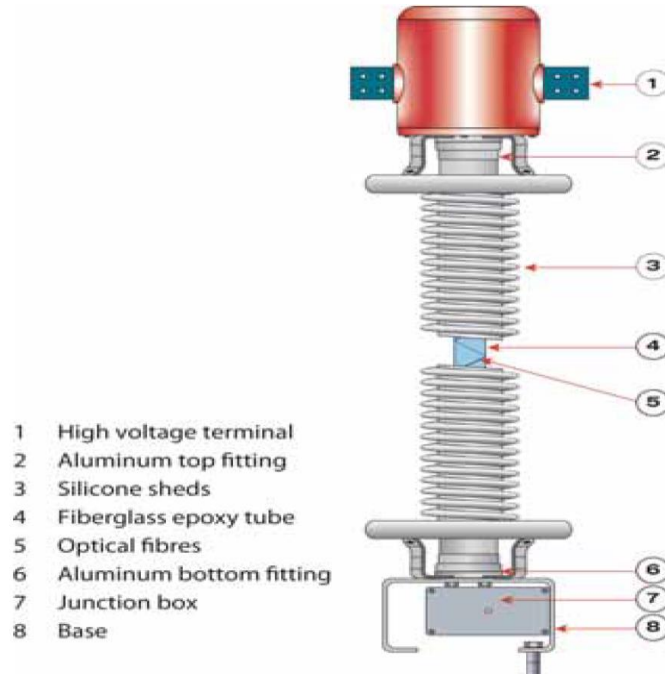
NUOVA MAGRINI GALILEO		N° 8901782	
TRASFORMATORE DI CORRENTE CURRENT TRANSFORMER		24 - 50 - 125 kV 50 Hz	
ARM1/N1	25 kA	1 s	65 kA
RAPPORTO RATIO	A A	MORSETTI TERMINALS	VA
50/5		S1 - S2	10
			0.5
			10
NORME STANDARDS	CEI 1008	IEC 185	Ext 120 %

DATE 11/92
- B-1-4 -
REVISED 08/95

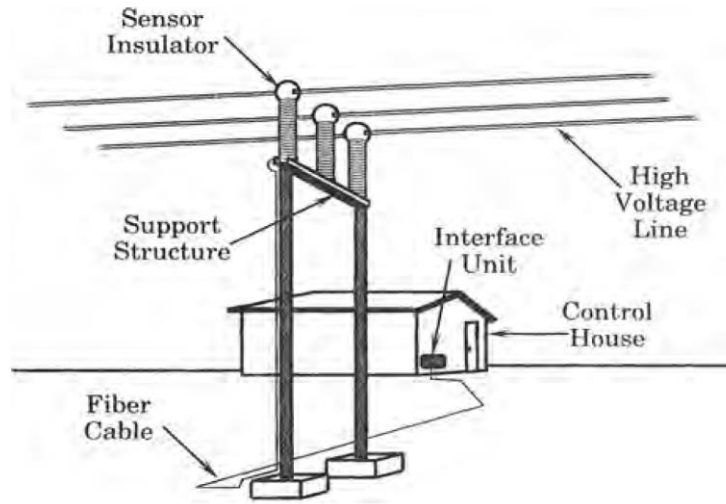
الشكل 20- 1 : توضيح للوحة بيانات لمحول تيار مرجعي

1-14 محولات الجهد و التيار الضوئية Optical CT and VT

نتحدث هنا عن احدث التقنيات الحديثة لمحولات الجهد و التيار وهي ما يسمى Novel instrument transformer وهي تعتمد على تحويل قيم الجهود و التيارات من خلال الألياف الضوئية optical fiber وليس بناء على مبدأ الكهرومغناطيسية . وتكون الألياف البصرية هي الوسيط بين المعدة وأجهزة الحماية او القياس وهنا تظهر ميزة عن محولات الجهد و التيار التقليدية وهي ان هذا النوع من المحولات لا يحتوي على قلب حديدي وبالتالي لا توجد مشكلة التشبع و التي تؤثر على قراءة التيار الداخل لأجهزة الحماية بالإضافة إلى صغر الحجم مقارنة بالمحولات التقليدية

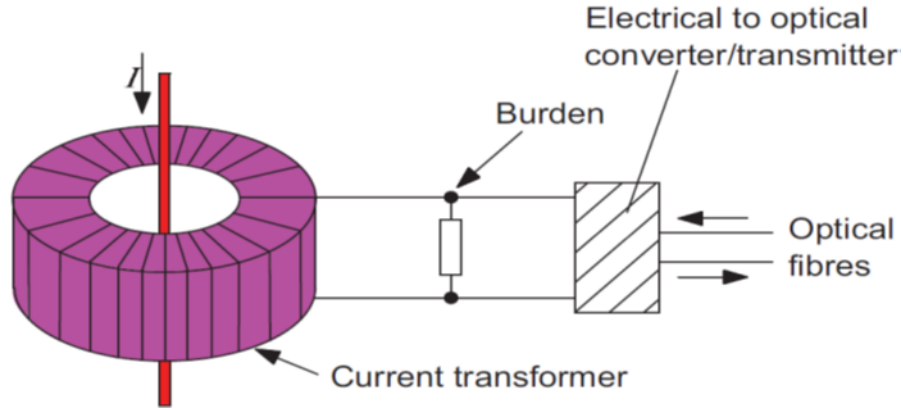


الشكل 1-21 : رسم مقطعي لمحول تيار مع حساس ضوئي Optical sensor

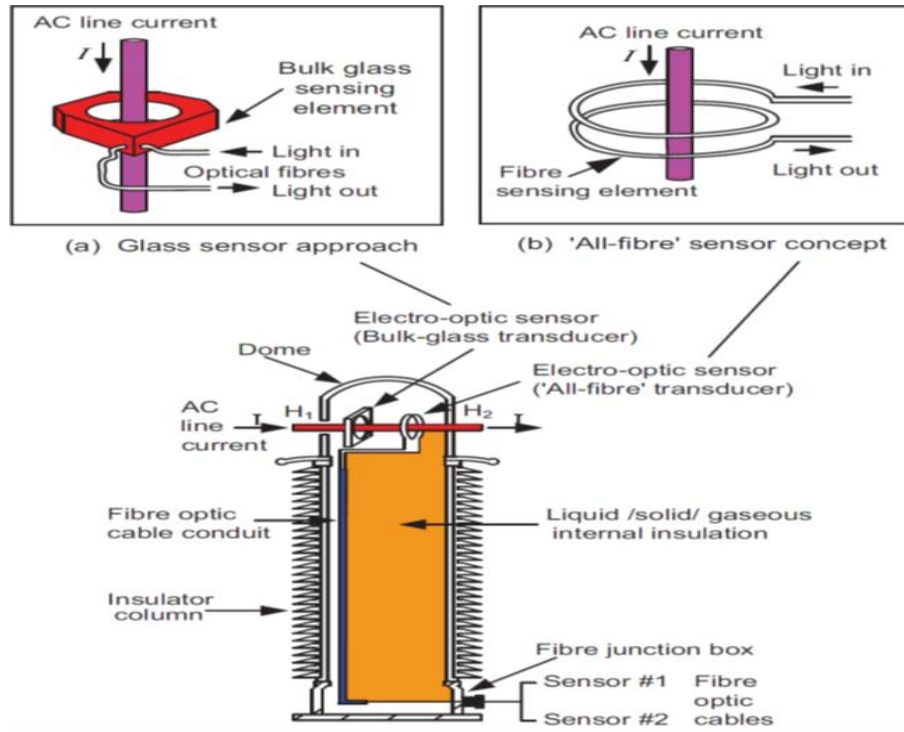


الشكل 1-22 : صورة لمحور تيار مع حساس ضوئي

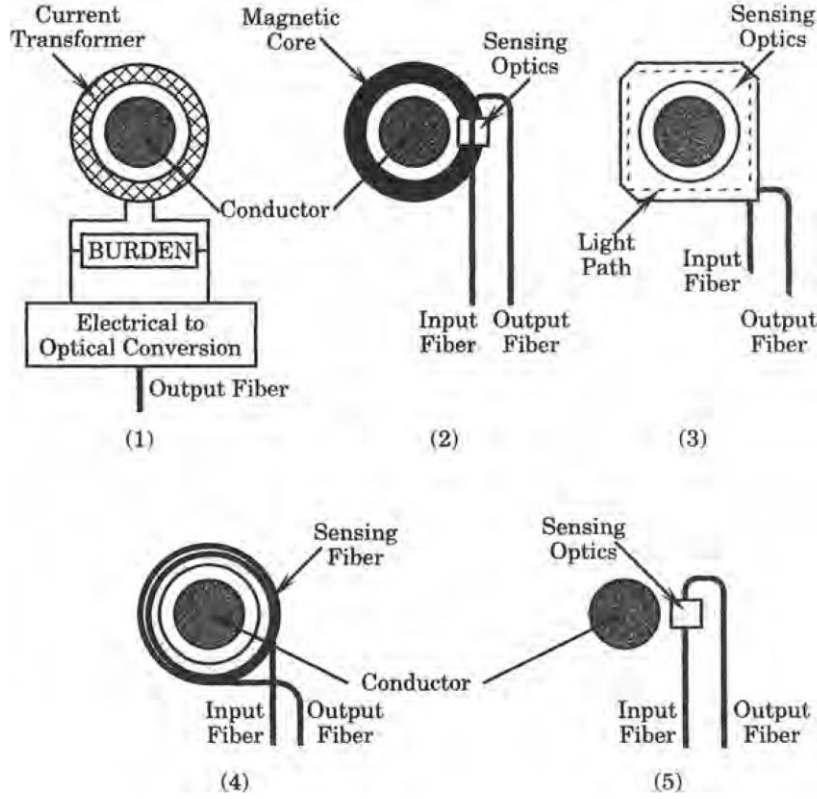
وتتنقسم محولات الجهد و التيار الضوئية إلى نوعين : نوع يجمع بين الدوائر الكهربائية والكهرومغناطيسية التقليدية مع الألياف البصرية ويسمى Hybrid transducer و النوع الآخر يعتمد فقط على مبدأ الحساسات الضوئية ويسمى All – optical transducers



الشكل 1-23 : تصميم لنوع Hybrid magnetic CT



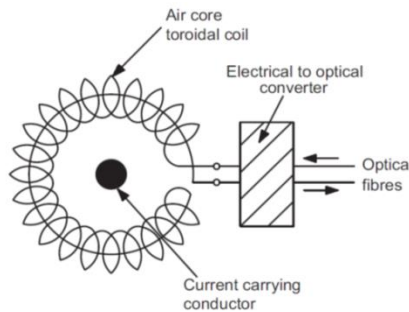
الشكل 1-24 : تصميم لنوع All optical CT



الشكل 1-25 : رسم يوضح أنواع محولات التيار الضوئية

1-15 محول تيار Rogowski Coil :

هو نوع من optical sensing CT عبارة عن Air – cored CT ويمتاز بأن له معاوقة عالية جدا ويتم توصيله بأجهزة الحماية أو القياس عن طريق مكبر Amplifier ويمتاز هذا النوع من محولات التيار أيضا برخصه وسهولة تركيبه وصغر وزنه وحيث ان الملفات ملفوفة في الهواء فهو لا يتشبع مثل محولات التيار ذات القلب الحديدي وأيضا يمتاز بانه يتحمل تيارات عالية تصل إلى 5 كيلو امبير



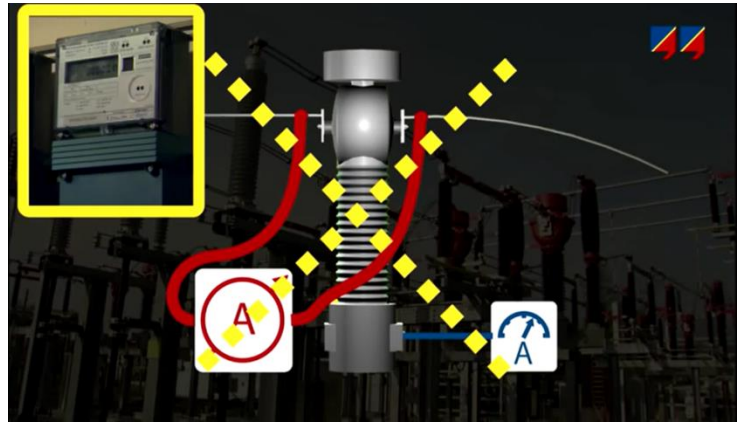
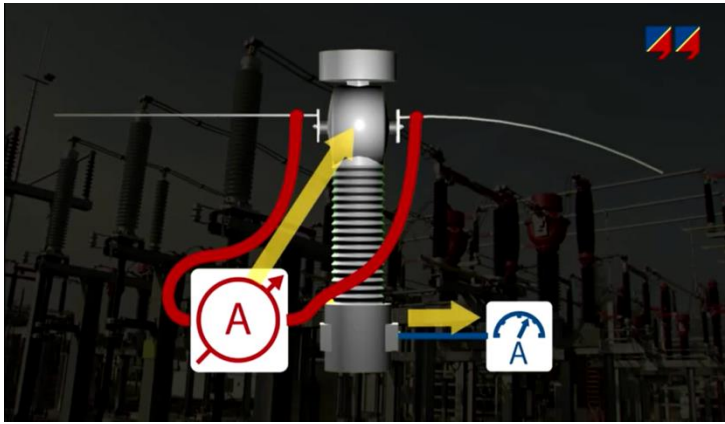
الشكل 1-26 : تصميم Rogowski coil CT

الفصل الثاني : الأجهزة المتطورة في فحص محولات الجهد و التيار

2-1 مقدمة :

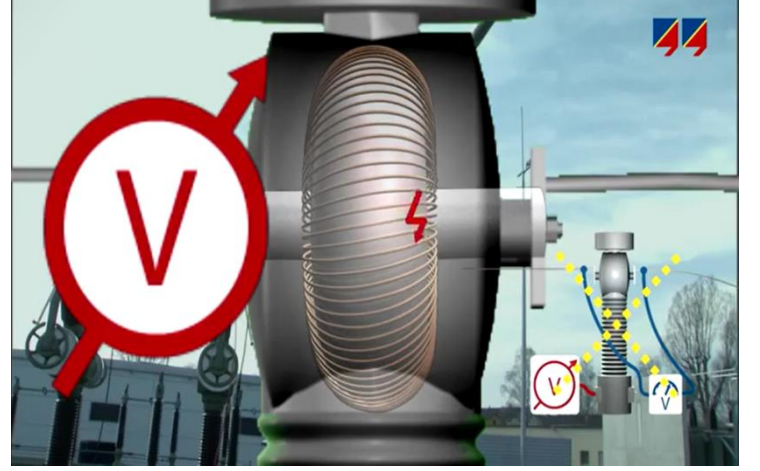
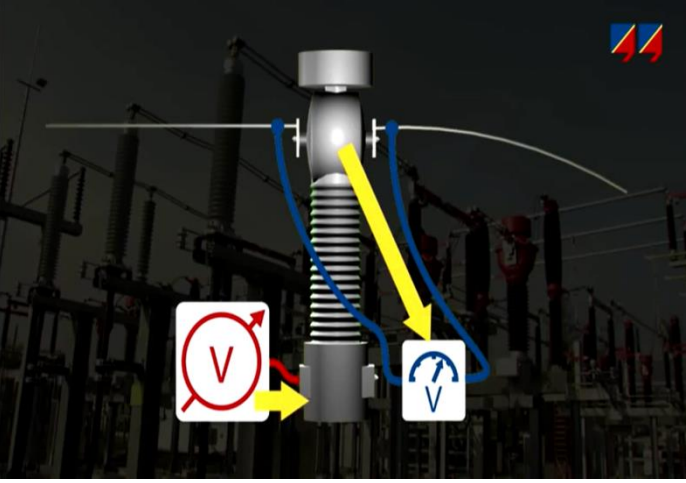
استعرضنا في الفصل الأول طرق إختبار محولات التيار و الجهد التقليدية و الآن ظهرت أجهزة بتقنيات حديثة تسهل عملية الإختبارات السابقة و التي كانت تأخذ وقت و جهد في الإختبارات ما قبل التشغيل تصل إلى عدة أشهر بينما في ظل وجود أجهزة الفحص الحديثة لا يستغرق زمن الإختبارات للمحطة كاملة سوى أسبوعين أو أقل وهذا شجع المقاولين على استخدام الأجهزة الحديثة لتوفير الوقت في الإختبارات و لتسريع وتيرة العمل . و لاقت هذه الأجهزة مقاومة في بداياتها من شركات الكهرباء لإختلاف مبدأ عملها عن الأجهزة التقليدية , وقبل الدخول في مبدأ عمل أحد هذه الأجهزة الحديثة وهما جهازي CT analyzer و CPC 100 من شركة أمكرون لشهرتهما و لإنتشارهما في مختلف الإدارات . سنقوم بعرض بعض العوائق أثناء الفحص بالأجهزة الإعتيادية وكيف أستطاعت الأجهزة الحديثة التغلب على هذه العوائق بالإضافة إلى تسريع زمن الفحص

أولا : عند حقن الملف الإبتدائي بتيار عالي لغرض فحص نسبة التحويل ratio test وذلك بقياس التيار الثانوي لمحول التيار فإن هذه الطريقة لا تكفي لفحص دقة محولات التيار الخاصة بأجهزة القياس لوجود نسبة خطأ أثناء التحويل ولعدم وضع إختلاف الأحمال على محول التيار في الحسبان



الشكل 2-1 : فحص نسبة التحويل عن طريق حقن تيار ابتدائي في الموصل

ثانيا : تسليط جهد متغير على الملف الثانوي قد يسبب إنهيار في عزل ملفات محول التيار الثانوي أثناء فحص منحنى المغناطيسية لا سيما أن بعض محولات التيار الخاصة بأجهزة الحماية تكون قيمة V_{Knee} لها عالية جدا وتسليط هذه القيمة و التي قد تصل إلى 4 ك ف أو أكثر خلال فترة زمنية معينة يكون سببا في انهيار عازل الملف الثانوي



الشكل 2-2 : الطريقة الاعتيادية في فحص منحنى المغناطيسية

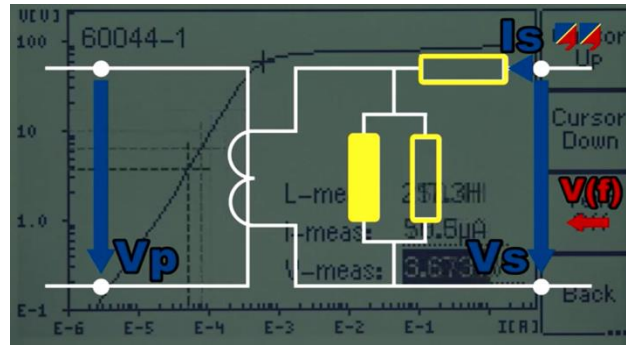
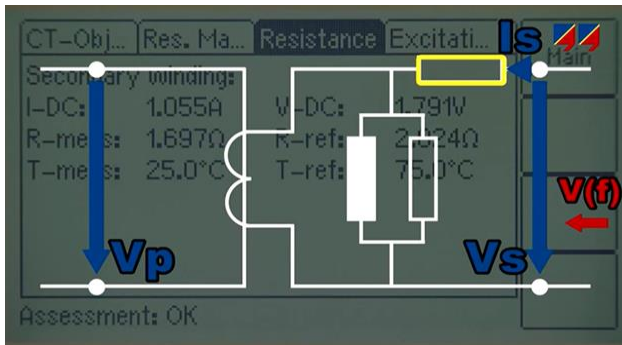
والجدول يبين الفرق بين أحد الأجهزة الحديثة (CT Analyzer (CTA وبين الأجهزة القديمة والتقليدية لفحص محولات التيار و الجهد

CTA – A new approach for CT Testing

	Conventional CT Testing	CTA
Current Ratio	<ul style="list-style-type: none"> • Need for high test current source • Depending on burden and I_p 	<ul style="list-style-type: none"> • No high test current source needed • Independent from burden and I_p
Exc. curve / Knee Point	<ul style="list-style-type: none"> • V_{Knee} limited by source voltage 	<ul style="list-style-type: none"> • V_{Knee} up to 30 kV • Support for IEC 600 44-6
Residual Flux	No	Yes
Demagnetisation	No	Yes
Automated Data Processing	No	Yes
Weight	Several 100 kgs	8 kg

2-2 جهاز CT ANALYZER:

يعتمد مبدأ عمل الجهاز على تسليط جهد بالتردد الطبيعي 60 هيرتز إلى أن يصل إلى قيمة 100 فولت ثم يبدأ الجهاز في تقليل التردد من 60 هيرتز إلى قيمة بالميللي هيرتز أو أقرب للصفر بحيث يصبح الجهد مستمر DC وليس متردد AC وعندها يكون قد وصل محول التيار إلى مرحلة التشبع Saturation ويقوم الجهاز بقياس مقاومة الملف الثانوي R_{ct} ويحسب عند هذه النقطة قيمة الجهد V_{knee} ثم يزيد في التردد مرة أخرى إلى أن يصل إلى التردد الطبيعي ويرسم منحنى المغناطيسية كاملاً ويحول الجهد V_{knee} كقيمة من التردد المنخفض وعادة تكون قيمة صغيرة لأن التردد صغير إلى التردد الطبيعي



الشكل 2-3 : مبدأ عمل جهاز CT analyzer

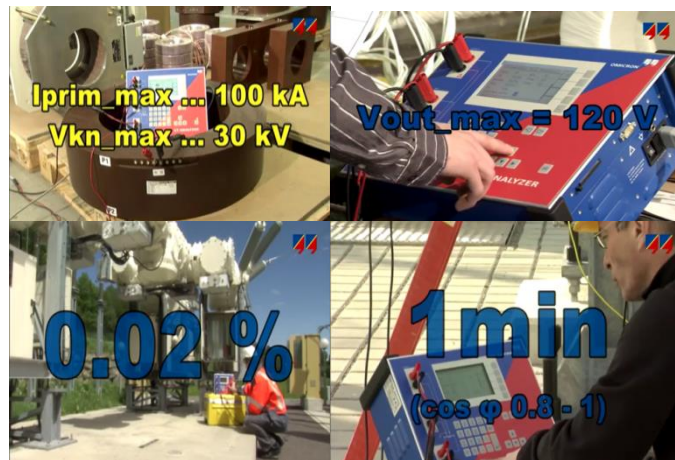
وهنا نتفادى تسليط جهد عالي على الملف بدلا من ذلك قللنا قيمة التردد وقسنا قيمة الجهد عندها ثم حولناها بإستخدام متسلسلة فورير الرياضية المعروفة Fourier transform series إلى القيمة المفترض تسليطها على الملف عند التردد الطبيعي وتسمى هذه الطريقة Low frequency method والتي بإستخدامها أستطاع مصنعوا الجهاز تفادي الاستمرار في رفع الجهد بعد 100 فولت التي تم تسليطها بالتردد الطبيعي وعوضنا ذلك بتقليل التردد إلى أن يصل محول التيار إلى مرحلة التشبع وكأننا في البداية نتجه عبر منحنى المغناطيسية نحو نقطة الانحناء Knee point برفع الجهد إلى قيمة معينة ثم سحبنا نقطة الانحناء إلينا بخفض التردد



الشكل 2-4 : مبدأ خفض التردد الذي يعمل على أساسه جهاز CT analyzer

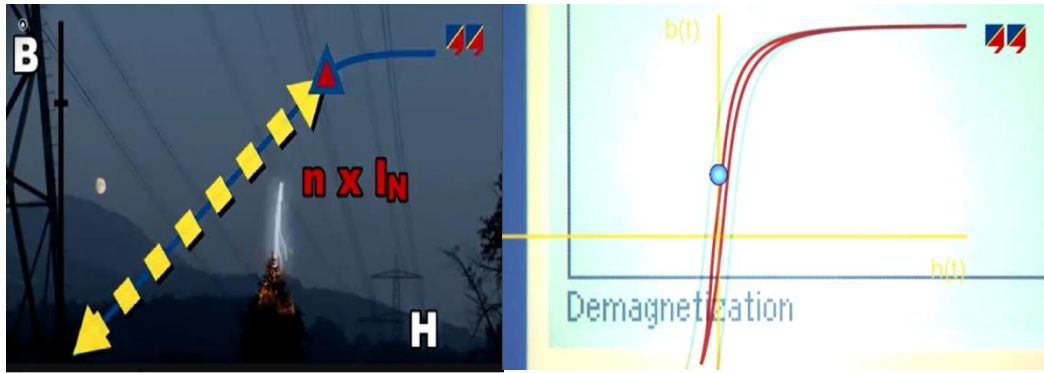
يعطي جهاز CT analyzer 120 فولت كأعلى قيمة جهد على الملف الثانوي وذلك حسب البيانات المقدمة من مصنع الجهاز ويمكن حقن قيمة 100 كيلو امبير كتيار ابتدائي وتسليط قيمة جهد تصل إلى 30 كيلو فولت ودقة تصل إلى 0.02 % ترتيب الاختبارات التي يقوم بها جهاز CT analyzer كالتالي :

- 1- فحص مقاومة الملف الثانوي Rct
 - 2- فحص ورسم منحنى المغناطيسية Excitation curve
 - 3- فحص نسبة التحويل Turns ratio
 - 4- فحص القطبية Polarity test
- يستمر فحص محول التيار حوالي دقيقة واحدة يتم فيها فحص جميع الاختبارات

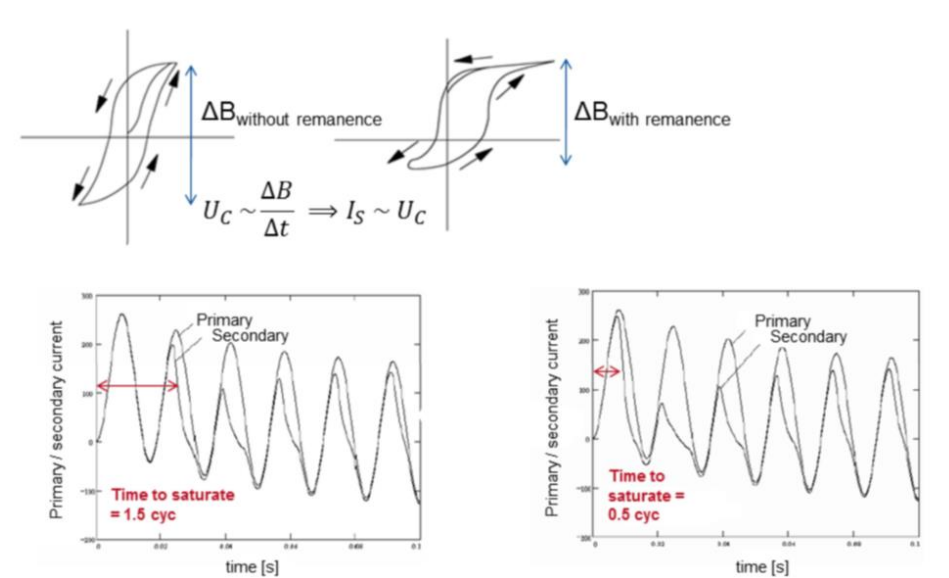


الشكل 2-5 : بعض مزايا جهاز CT analyzer

يقوم بجهاز CT Analyzer بعمل إلغاء للمغنطة في القلب الحديدي demagnetization وذلك بعد وصول القلب الحديدي إلى مرحلة التشبع كما هو موضح في الشكل 2-6 والذي يكون بسبب حدوث تيار عطل عالي جدا ويحتوي على قيمة عالية من مركبة التيار المستمر DC Component والذي سنتعرض لها بشيء من التفصيل في النقاط القادمة وماهي المعاملات التي تدل على ذلك وكيف يحسبها الجهاز . كما يوضح الشكل 2-7 مدى تأثير الفيض المتبقي من أي عطل أو أعطال سابقة Remanence flux على سرعة دخول محول التيار في حالة التشبع وهذا يسبب مشكلة في أداء المحول



الشكل 2-6 : دخول محول التيار في مرحلة التشبع في حالة مرور تيار عالي جدا خلاله وعملية إلغاء المغنطة المتبقية في جهاز CT Analyzer

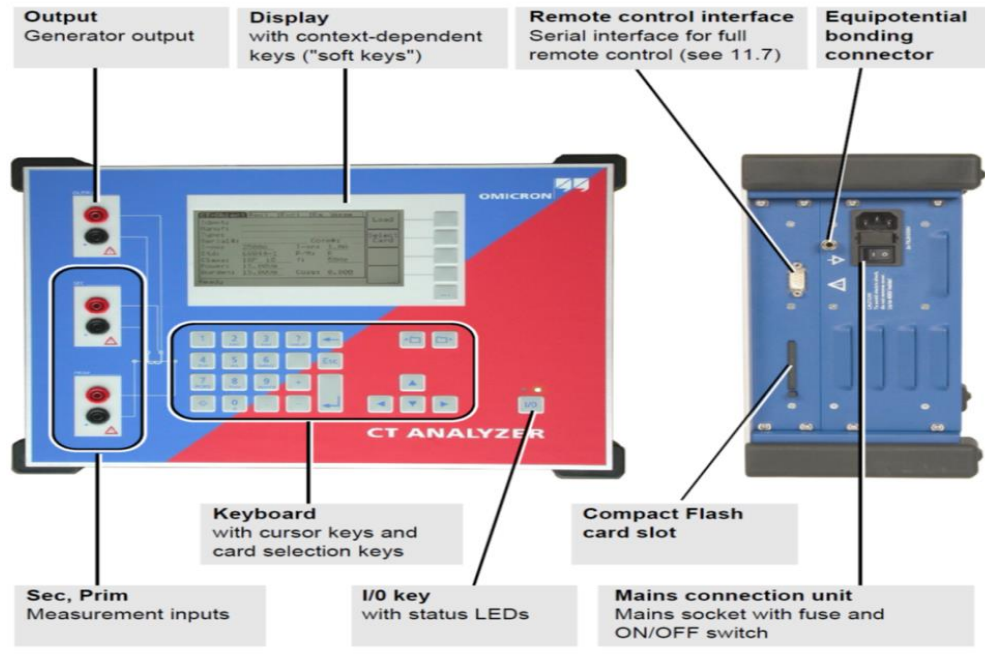


الشكل 2-7 : تأثير الفيض المتبقي في القلب الحديدي على سرعة تشبع محول التيار

2-2-1 محتويات جهاز CT analyzer الخارجية :

سنقوم باستعراض عام عن مكونات جهاز CT analyzer ثم نتطرق لكل جزء منها

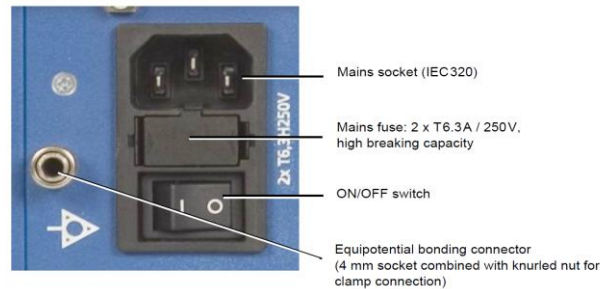
بالتفصيل



الشكل 2-8 : نظرة عامة حول مكونات الجهاز

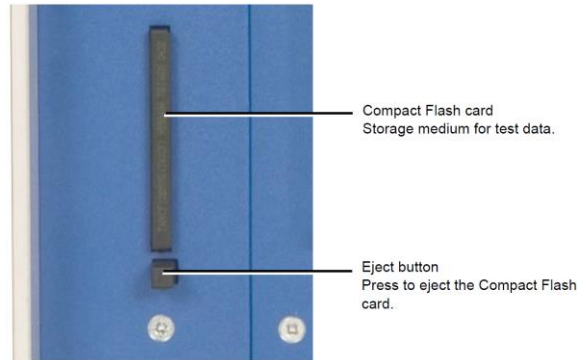
1- وحدة التغذية الرئيسية للجهاز ومكان التأريض : and Grounding

كما هو موضح في الشكل 2-9 مكونات تغذية الجهاز وذلك عن طريق منفذ ثلاثي بجهد يصل إلى 250 فولت وعدد مصهرين لحماية الجهاز بتيار 6.3 أمبير بالإضافة إلى زر تشغيل و إطفاء للجهاز ونقطة تأريض



الشكل 2-9 : وحدة التغذية لجهاز CT Analyzer

2- منفذ كرت التخزين Compact Flash Card Slot :



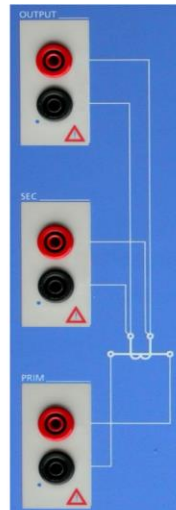
الشكل 2-10 : Compact Flash Card Slot

3- نقاط الدخل و الخرج للجهاز Inputs and outputs :

يبين الشكل 2-11 نقاط الدخل و الخرج للجهاز حيث أن أقصى قيمة جهد متردد يعطيه الجهاز هو 120 فولت و أعلى تيار مستمر هو 15 أمبير ويستطيع الجهاز أن يقيس جهد متردد بقيمة 150 فولت كحد أقصى على الملف الثانوي و 30 فولت كحد أقصى على الملف الابتدائي لمحول التيار



Warning: While the red LED of the I/O key is flashing, voltage is applied at the output and the measurement inputs.



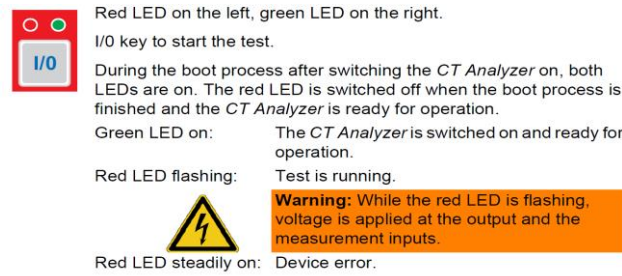
Output
Generator output, 120 V_{AC}, 15 A_{DC}

Sec
Measurement input for secondary side of CT,
150 V_{AC} max., 500 kΩ input impedance

Prim
Measurement input for primary side of CT,
30 V_{AC} max., 150 kΩ input impedance

الشكل 2-11 : نقاط الدخل و الخرج لجهاز CT Analyzer

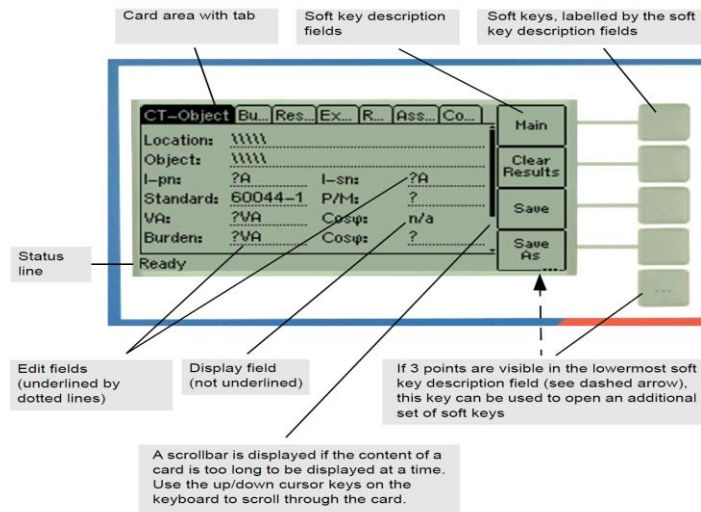
4- زر تفعيل مدخلات ومخرجات الجهاز **I/O Key with Status LED** :
 بعد توصيل الأسلاك في نقاط الدخل و الخرج بالجهاز نبدأ الفحص بالضغط على هذا الزر ويوجد فيه إضاءة حمراء و خضراء كما هو موضح في الشكل 2-12 .
 عند تشغيل الجهاز تضئ اللونين بداية وهو يدل على أن الجهاز في مرحلة التمهيد booting process وبعدها سيطفأ اللون الأحمر ويضاء فقط اللون الأخضر دلالة على ان الجهاز يعمل وجاهز للاستخدام و إذا أستمريت الإضاءة الحمراء فهذا يدل على أن الجهاز به عطل داخلي أما أثناء الحقن و فحص محول التيار نجد ان الإضاءة الحمراء تكون على شكل ومضات flashing







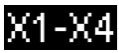
الشكل 2-12 : زر تفعيل نقاط الدخل و الخرج للجهاز

5- شاشة العرض **Display with Soft Keys** :

في الشكل 2-13 شرح لكل التبويبات على شاشة العرض لجهاز CT Analyzer و الجدول الذي يليه يلخص الرموز التي تظهر أسفل الشاشة ويظهر حالة الجهاز Status line



الشكل 2-13 : شاشة العرض لجهاز CT Analyzer



الوصف	الرمز
الجهاز متصل بالحاسب الألي	
لوحة المفاتيح مقفلة إلى انتهاء الجهاز من الحقن	
الملفات محمية وتحتاج رمز أمان	
تظهر حينما لا يستطيع الجهاز ان يحقن قيمة تيار اعلى من المسموح	
تظهر عند فحص محول تيار ذو نسب متعددة بإستخدام صندوق خاص وهو CT SB2 switch box	

6- لوحة المفاتيح Keyboard :

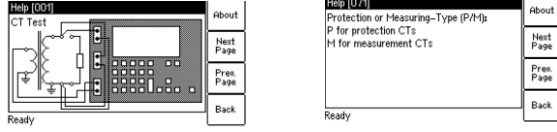
الجدول الذي بأسفل الشكل 2-14 يوضح الغرض و طريق عمل كل مفتاح في لوحة المفاتيح للجهاز



الشكل 2-14 : لوحة المفاتيح لجهاز CT Analyzer

الوصف	الرمز
تستخدم لكتابة الحروف او الأرقام ومجرد الضغط المتكرر على المفتاح تظهر لك جميع الأحرف ويمكنك التغيير بين الحرف و الرقم التابع لهذا الزر وبعد ثنائية او بالضغط على مفتاح أخر سيتم حفظ أخر كلمة او كتيبها وتظهر على الشاشة في status line	
رمز shift والذي يستخدم لكتابة الحروف الكبيرة	

بمجرد لضغط عليه وانت على تبويبه معينة مثل CT
object card tab يظهر لك رسمة لطريقة التوصيل
للإختبار أو شرح تفصيلي عن العنصر



ستخدم للرجوع عن أي صفحة بدون أي تغيير أو الرجوع
إلى مستوى أعلى

لاعتقاد أي تغيير في الخانات في الصفحة

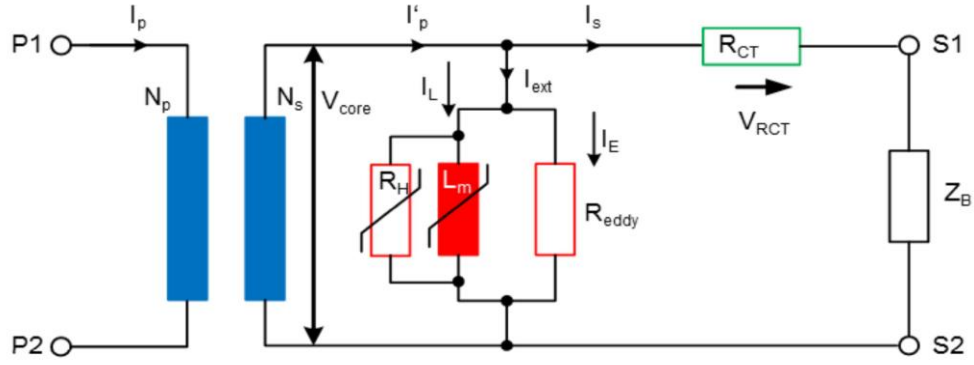
لإستعراض تبويب معين

المؤشرات تستخدم للتنقل بين الخانات أو لاختيار خانة معين
لتعبئتها



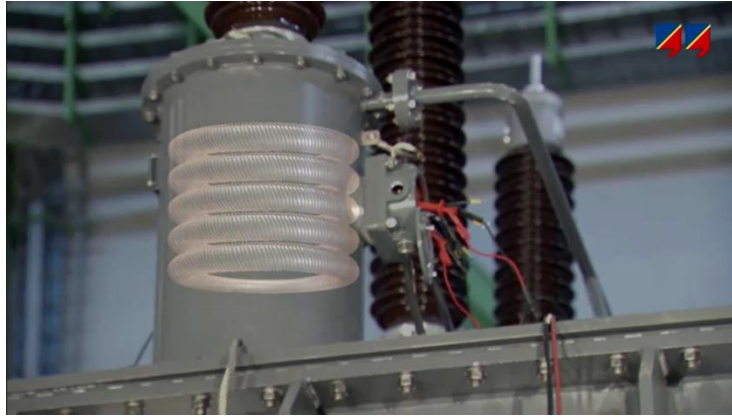
2-2-2 الدائرة المكافئة لمحول التيار في جهاز CT Analyzer :

يقوم الجهاز بمحاكاة الدائرة المكافئة لمحول التيار كما في الشكل 2-15 بناء على المعطيات التي لديه وما يقوم بحسابه أو تخمينه في حالة أن المعطيات ليست كاملة . تمثل هذه المعطيات ما يعتبر في محول التيار الحقيقي و ليس المثالي مثل إعتبار الفقد على الملفات وهو ما تمثله مقاومة الملفات R_{ct} وكذلك الفقد على القلب الحديدي و الذي يمثلته مقاومة فاقد التباطؤ المغناطيسي $Hysteresis\ losses\ resistance\ (R_H)$ ومقاومة الفقد الدوامية $Eddy\ losses\ resistance\ (R_{eddy})$ والفقد في التيار الثانوي لمحول التيار و الذي يمثلته تيار الحث $Excitation\ current\ (I_{ext})$ حيث ان التيار المحول للملف الثانوي $I_{P'}$ هو عبارة عن حاصل جمع تيار الحث و تيار الحمل ولو كانت قيمة تيار الحث تساوي صفر فإن تيار الملف الثانوي المتولد من عملية التحويل يساوي تيار الحمل وهو المطلوب وكلما ذات قيمة تيار الحث كلما زادت نسبة خطأ التحويل و L_m هي قيمة المفاعلة التي تمثل قيمة الملفات الثانوية



الشكل 2-15 : الدائرة المكافئة لمحول التيار في جهاز CT Analyzer

يستخدم الجهاز هذا النموذج للدائرة المكافئة لمحول التيار ليحاكي بها سلوك المحول الحقيقي ليحدد ما يحتاج تمثيله في كل جزء من محول التيار وللجهاز إستخدامات أخرى متعددة مثل فحص محولات التيار المركبة على المحولات Bushing type CT او محولات التيار داخل تركيب قواطع GIS مثل الموضحة في الشكل 2-16 والتي يصعب فحصها باستخدام الحقن المباشر للتيار الابتدائي لعدم وجود نقطة إتصال مباشرة لأن محول التيار مغمور بداخل تركيب معزول عن المحيط الخارجي



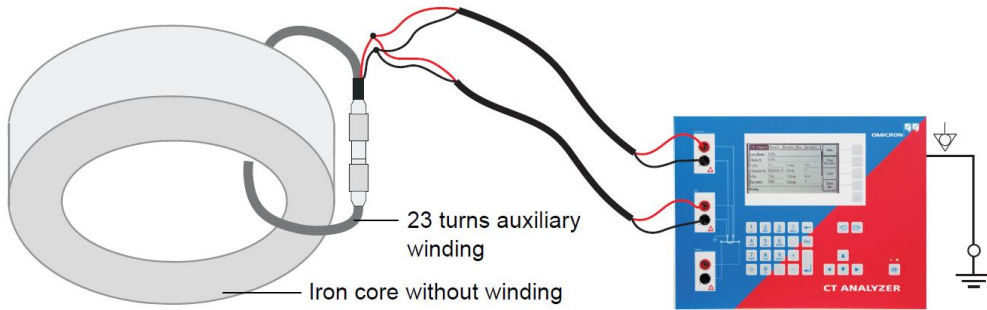
الشكل 2-16 : محول تيار بداخل تركيب GIS compartment

ويستخدم الجهاز أيضا لفحص القلب الحديدي قبل لفه ويحدد عدد اللفات اللازمة بناء على قيم جهد التشبع V_{knee} و منحني المغناطيسية ويستخدم لهذا الغرض كيبل خاص كأحد المتعلقات Accessories الخاصة لهذا الغرض وتتوصل بالجهاز ويلف هذا الكيبل على القلب الحديدي

ويوصل بالجهاز واللفة الواحدة لهذا الكيبل على القلب الحديدي تساوي تقريبا 23 لفة من الأسلاك المصنوعة من مادة السليكون والتي تلف حول القلب الحديدي وذلك لتقريب حساب عدد اللفات المطلوب الشكليين 2-17 و 2-17A يوضحان ذلك



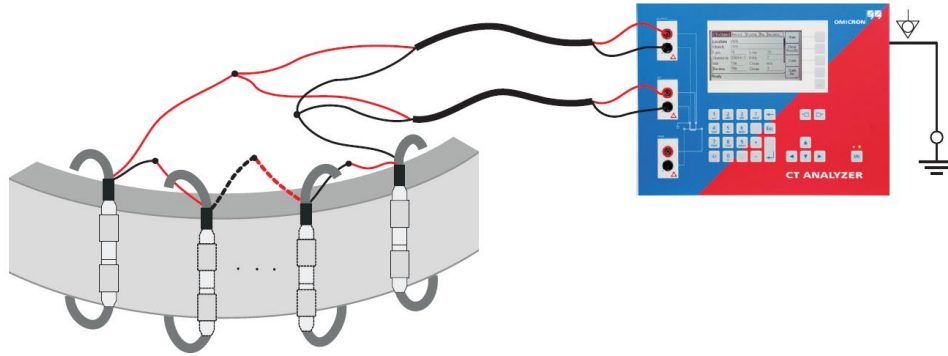
الشكل 2-17 : طريقة فحص القلب الحديدي باستخدام جهاز CT Analyzer



الشكل 2-17 A : فحص منحنى المغناطيسية للقلب الحديدي قبل لفه بواسطة

Auxiliary winding cable accessory(VEHK0658)

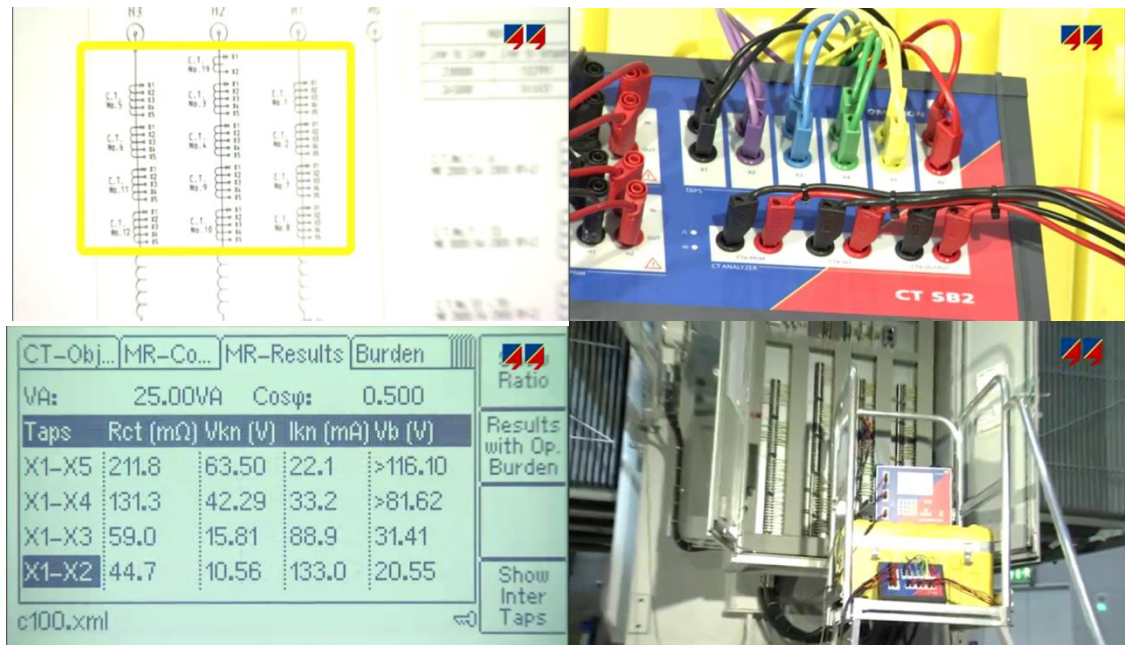
ويوجد ملف إكسيل خاص لحساب عدد اللفات المطلوبة بناء على Iron parameters وكما هو واضح في الشكل 2-17A يتم توصيل the "Output" sockets and input "Sec" على طرف الكيبل الخاص وفي حالة وجد قلب حديدي يحتاج إلى تيارات عالية ليصل إلى مرحلة التشبع نقوم بوضع عدة كابلات على التوالي لزيادة عدد اللفات حول القلب الحديدي كما هو موضح في الشكل 2-17B



الشكل 2-17B : فحص منحني المغناطيسية عن طريق اكثر من كيبيل على التوالي

2-2-3 صندوق فحص الملفات المتعددة لمحول التيار Multi ratio CT testing switch box

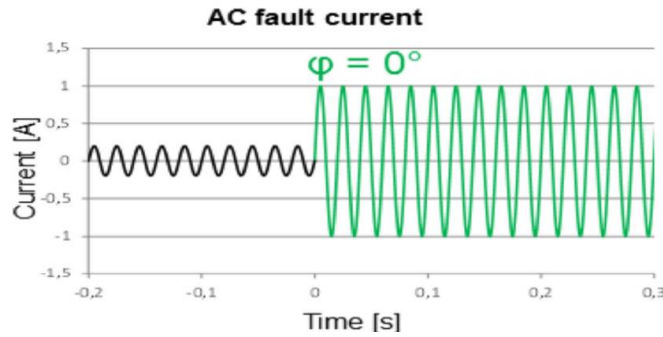
من مرفقات جهاز CT Analyzer صندوق يستخدم لفحص نسب التحويل لمحول تيار له أكثر من نسبة تحويل دون اللجوء إلى تغيير التوصيلة لكل ملف بل يمكنك عمل جميع الإختبارات لكل الملفات بتوصيلة واحدة كما هو موضح في الشكل 2-18



الشكل 2-18 : طريقة فحص الملفات ذات النسب المتعددة لمحول التيار

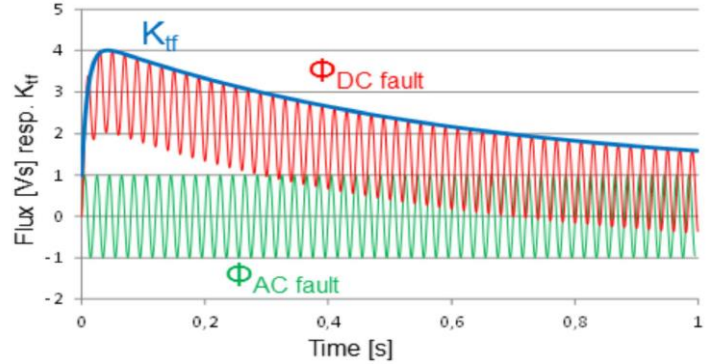
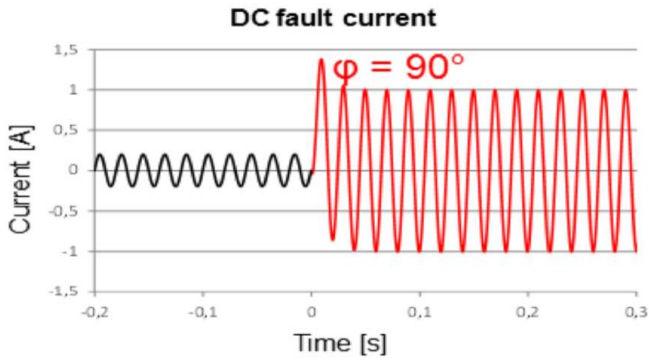
2-2-4 تيارات العطل العابرة :Transient fault current

عند حدوث العطل على الخط او المعدة لا يستوجب ذلك وصول محول التيار لمرحلة التشبع كل مرة يحصل فيها العطل بل يعتمد ذلك على زاوية قطع موجة التيار مع محور الزمن و الذي يمثلته زاوية β كما عرفناها في الفصل الأول او ϕ كمسمى آخر للزاوية التي تمثل وقت تقاطع الموجة بمحور الزمن. في حالة ان موجة التيار قطعت محور الزمن بزاوية مقدارها صفر ($\phi = 0^\circ$) بمعنى ان الجزء الموجب من الموجة يساوي الجزء السالب وتكون الموجات متماثلة symmetrical وتسمى هذه النقطة Zero crossing ويكون تيار العطل لا يحتوي على مركبات تيار مستمر DC component كما هو موضح في الشكل 2-19



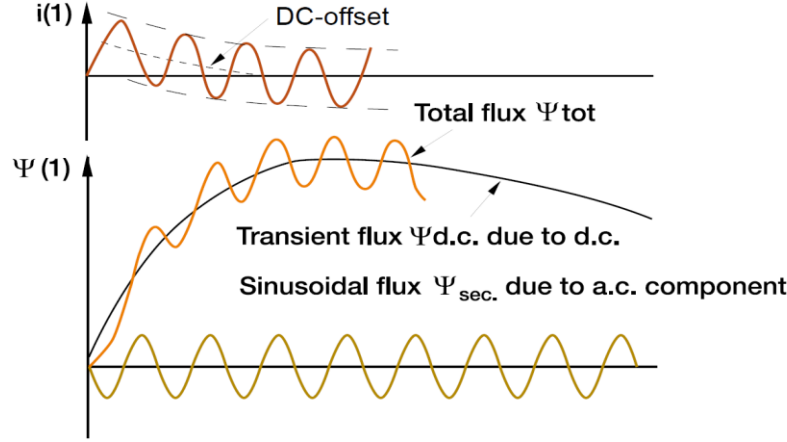
الشكل 2-19 : تماثل موجة التيار حول محور الزمن

وفي حالة ان موجة التيار قطعت محور الزمن بزاوية مقدارها 90° ($\phi = 90^\circ$) بمعنى ان الجزء الموجب من الموجة لا يساوي الجزء السالب وتكون الموجة غير متماثلة ويكون تيار العطل في هذه الحالة يحتوي على مركبات تيار مستمر DC component كما هو موضح في الشكلين 2-20 و 2-21 هي المسؤولة عن تشبع محول التيار CT saturation



الشكل 2-20 : حالة ظهور مركبة التيار المستمر مع تيار العطل

ويمثل المعامل K_{tf} تأثير قيمة أعلى موجة لمركبة التيار المستمر (DC - offset) على الفيض المار بالقلب الحديدي مقارنة بتأثير تيار العطل ويعتمد هذا المعامل على طريقة أداء القاطع (Circuit breaker duty (CO or COCO) وثوابت زمنية T_s و T_p



الشكل 2-21 : حالة ظهور مركبة التيار المستمر مع تيار العطل

2-2-5 أداء ودورة عمل القاطع الكهربائي CO or COCO CB duty cycle :

يعمل القاطع الكهربائي بأسلوبين إما أن يفصل من خلال أجهزة الحماية عليه عند حدوث عطل ما أو انه يفصل ثم يتوصل من جديد عن طريق جهاز الموصل التلقائي Auto recloser بعد زمن محدد . الطريقة الأولى تسمى single duty cycle وتوصف بالرمز C-O وتعني (Closed – open) وأيضا في بعض المراجع ترمز بالرمز (C – t' - O) وتعني (Closed - duration of current flow – Open) و الزمن t' يدل على الزمن اللازم لجهاز الحماية بان يحدد العطل ويرسل إشارة فصل للقاطع ويشمل أيضا الزمن اللازم للقاطع حتى يعزل العطل وهذه الفترة من الزمن يكون فيها التيار ساري ولم يتلاشى بعد

الطريقة الثانية تسمى double duty cycle وتوصف بالرمز C-O-C وتعني (Closed – open – closed) أو بالرمز الآخر C-t'-O-tfr-C-t''-O وتعني

(Close – duration of first current flow - Open - dead time - Close - duration of second current flow – Open)

وهنا نرى وجود ثلاثة أزمنة هم زماني مرور التيار ما بين القفل و الفصل الأول و الثاني و الزمن بين آخر فصل وثاني توصيل ويسمى dead time وهذه الطريقة هي عملية التوصيل التلقائي AR operation المستخدمة في الخطوط الهوائية من أجل توصيل الخط تلقائيا في

حالة تعرض الخط للأعطال العابرة مثل الصواعق وهذه تعتبر عملية توصيل واحدة one shot ويوجد أحيانا أكثر من عملية توصيل Multi- shots حسب قيم الضبط المعتمدة ولكن قيم الضبط المعتمدة في المملكة العربية السعودية هي one shot

2-2-6 ثابت الزمن لدائرة الملف الثانوي Secondary – loop time constant : (Ts)

قيمة هذا الثابت تشمل قيم الملفات و المقاومات مثل LS وهي قيمة المفاعلة التي تمثل ملفات الملف الثانوي و تسمى Magnetizing inductance وأيضا مقاومة الملف الثانوي Rs باعتبار توصيل الحمل الطبيعي على دائرة الملف الثانوي

$$Ts = \frac{Ls}{Rs}$$

كلما زاد الفراغ الهوائي Air gap في محول التيار كلما كانت قيمة Ts أصغر ما يمكن

$$Ts = Ls / (R_{ct} + R_b) \text{ for ungapped core CT}$$

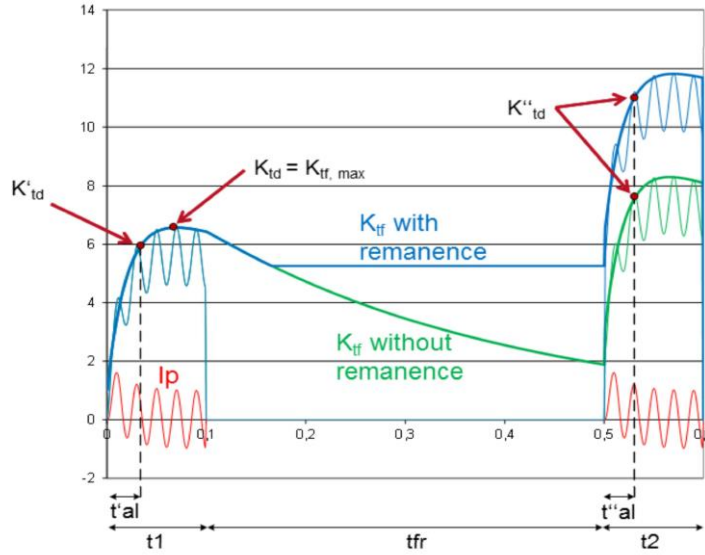
2-2-7 معامل تيار العطل ثلاثي الأطوار Rated symmetrical short circuit factor (Kssc)

$$K_{ssc} = \frac{I_{psc}}{I_{ps}}$$

Ipsc هو تيار العطل الابتدائي ثلاثي الأطوار و Ips هو تيار الحمل الطبيعي من جهة الابتدائي

2-2-8 معامل العطل العابر (Ktd) : Rated transient dimensioning factor

في الشكل 2-22 توضيح لحالة عمل القاطع بعد التوصيل التلقائي AR ويظهر المعامل Ktd وهو أعلى قيمة ممكنة لمعامل مركبة التيار المستمر خلال الدورة الأولى لتيار العطل first cycle و الزمنين t'al و t''al هما الزمن الذي يحتاجه جهاز الحماية لتحديد العطل و إعطاء إشارة افصل أما الزمنين t1 و t2 هما الزمن اللازم للقاطع الكهربائي لعزل العطل وتكون خلال ما يقارب 40 ملي ثانية أو two cycles (إذا كان تردد الشبكة 60 هيرتز فإن الزمن اللازم لموجة كاملة هو $\frac{1}{60}$ ويساوي 16.66 ميلي ثانية . أما الزمن tfr هو ما يسمى بال dead time كما ذكرنا أنفا



الشكل 2-22 : حالة COCO للقاطع الكهربائي

تكون قيمة المعامل K''_{td} في التوصيل الثاني أعلى من القيمة K'_{td} في التوصيل الأول وستزيد القيمة في حالة وجود المغنطة المتبقية residual magnetism في القلب الحديدي المعامل K'_{td} هو قيمة المعامل K_{tf} خلال الزمن t'_{a1} وهو الزمن اللازم لجهاز الحماية لتحديد العطل و K''_{td} هو قيمة K_{tf} خلال الزمن t'_{a2} ولحساب قيمة هذا المعامل تستخدم المعادلات التالية

$$K_{td} = \omega T_p \left(\frac{T_p}{T_s} \right)^{\frac{T_p}{T_s - T_p}} + 1$$

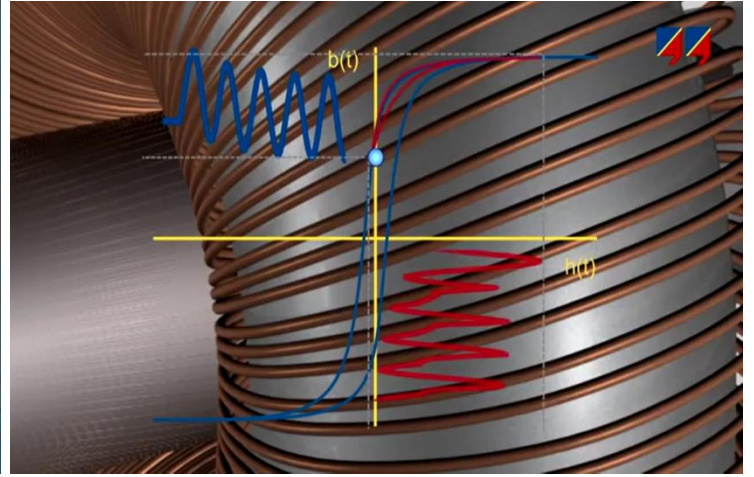
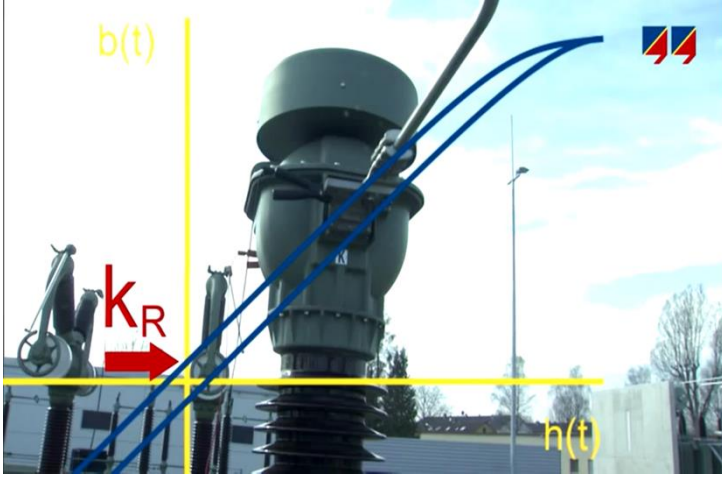
K'_{td} for CO duty:

$$K'_{td} = \left[\frac{\omega T_p T_s}{(T_p - T_s)} \right] \left[e^{-\frac{t'_{al}}{T_p}} - e^{-\frac{t'_{al}}{T_s}} \right] + 1$$

K''_{td} for COCO duty: $\geq K_r$ (If residual magnetism is considered)

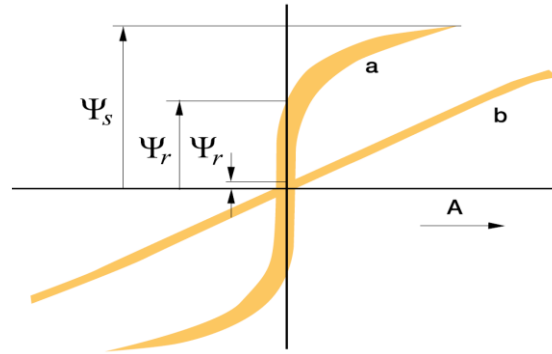
$$K''_{td} = \left\{ \left[\frac{\omega T_p T_s}{(T_p - T_s)} \right] \left[e^{-\frac{t'}{T_p}} - e^{-\frac{t'}{T_s}} \right] - \sin \omega t' \right\} e^{-\frac{(t_{fr} + t'_{al})}{T_s}} + \left[\frac{\omega T_p T_s}{(T_p - T_s)} \right] \left[e^{-\frac{t'_{al}}{T_p}} - e^{-\frac{t'_{al}}{T_s}} \right] + 1$$

والمعامل K_r هو عبارة عن قيمة المغنطة المتبقية remanence magnetism والتي كلما زادت في القلب الحديدي فإن ذلك يدل على إمكانية تشبع محول التيار مع أقل قيمة تيار عطل كما هو موضح في الشكل 2-23 .



الشكل 2-23 : سرعة تشبع محول التيار مع أقل قيمة لتيار العطل بسبب Remenane flux

الفيض المتبقي Ψ_r Remnant flux يبقى في القلب الحديدي 3 دقائق بعد إنقطاع تيار الحث excitation current مما يمكن وصول محول التيار إلى مرحلة التشبع . في محولات التيار التي لا تحتوي على فراغ هوائي CT without air gap يكون قيمة الفيض المتبقي Ψ_r عالي جدا مقارنة بمحولات التيار التي تحتوي على فراغ هوائي CT with air gap كما هو موضح في الشكل 2-24



الشكل 2-24 : منحنيات التباطؤ Hysteresis curves لمحول التيار
a) without air-gap | b) with air-gap

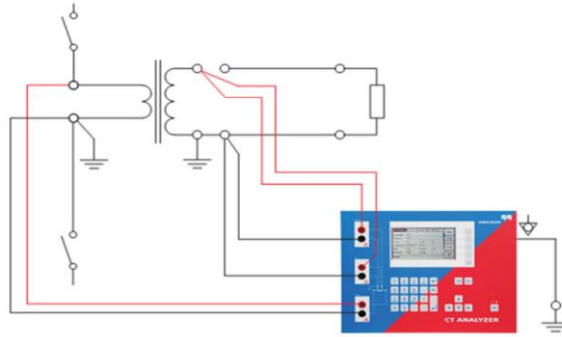
ويحسب أيضا معامل K_r والذي يسمى remanence factor وهو عيار عن نسبة الفيض المتبقي إلى فيض التشبع

$$K_r = \frac{\Psi_r}{\Psi_s}$$

يعتبر المعاملين K_{td} و K_{ssc} هما معايير الدقة لمحول التيار حسب المواصفة الأوروبية فيعتبر K_{td} معيار دقة المحول في حالة أن تيار العطل يحتوي على مركبة تيار مستمر DC component أما المعامل K_{ssc} يعتبر معيار دقة المحول في حالة أن تيار العطل ثلاثي الأطوار Symmetrical fault current وهو نفسه معامل الدقة ALF الذي تطرقنا إليه في الفصل الأول ولكنه خاص بالعطل ثلاثي الأطوار

2-2-9 طرق توصيل الجهاز : CT Analyzer Setup

يتم توصيل الخارج من الجهد و نقاط القياس على الملف الثانوي في نقطة واحدة وتوصيل نقاط الابتدائي على أطراف الموصل او الملف الابتدائي

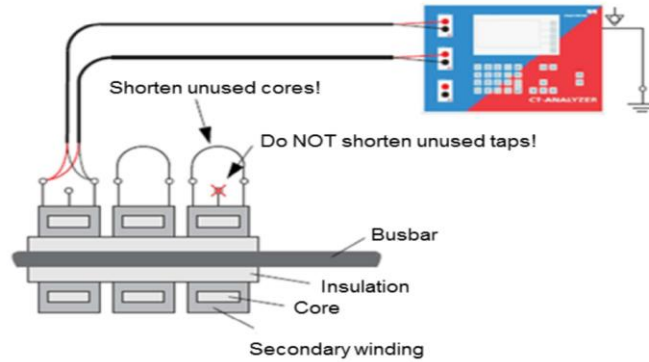


الشكل 2-25 : التوصيلة الأساسية لمحول التيار

- 1- تأكد من توصيل الأرضي على جهاز CT Analyzer
- 2- تأكد من ان الملف الابتدائي به طرف مؤرض ويكن بالتوصل بالسلك الأسود و الآخر مفتوح ويكون متوصل بالسلك الأحمر وان السلكين متوصلين على Input Prim
- 3- افصل أي حمل على محول التيار حتى لا يؤثر على صحة القياسات
- 4- تأكد من أن السلك الأسود المتوصل من نقاط الخرج Output socket يكون متوصل بطرف الملف الثانوي لمحول التيار المؤرض و السلك الأحمر يكون متوصل بالطرف الغير مؤرض من الملف الثانوي لمحول التيار

1- قياس نسب التحويل المتعددة و محولات التيار المتعددة Measuring multi cores and multi ratio CTs

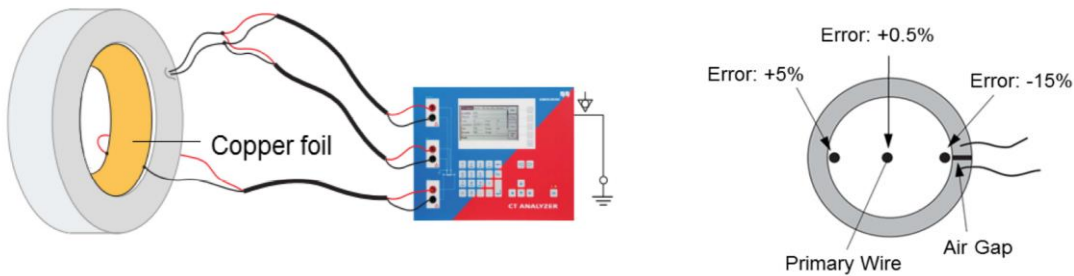
التوصيلة في الشكل 2-26 عند القيام بفحص الملف الثانوي لأحد محولات التيار نقوم بقصر بقية المحولات CT cores وذلك كما هو معروف لدينا حتى لا يسبب جهد عالي على أطراف المحولات مما يتلفها و يدمرها . كما انه في حالة النسب المتعددة لمحولات التيار لا نقوم بقصر التاب الغير مستخدم فذلك يسبب خطأ في نتائج القياسات



الشكل 2-26 : التوصيلة في حالة إختبار أكثر من محول تيار

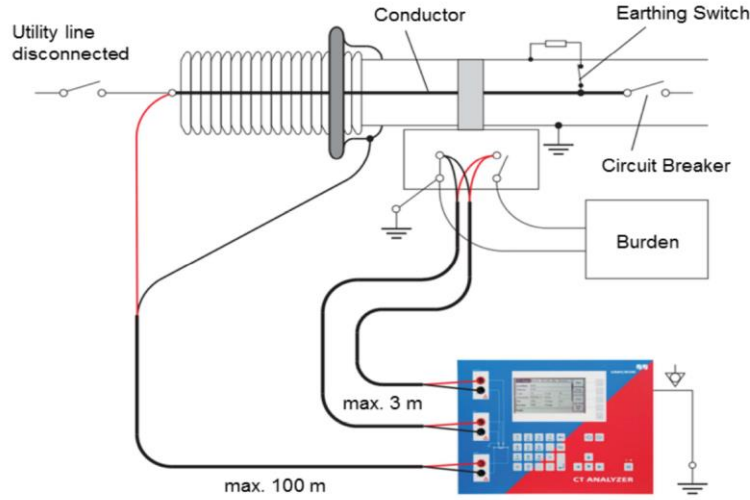
2- توصيلة فحص محول التيار ذو الفراغ الهوائي Measurment of CT with air gap

هذا النوع من محولات التيار تكون له معاوقة تسريب Leakage reactance ويكون لها تأثير على قراءة محول التيار في الأعطال لذلك لابد أن يكون الموصل من ناحية الابتدائي يمر في المنتصف ليبلغ الخطأ في القراءة بسبب تأثير معاوقة التسريب و كما هو ملاحظ وجود نسب خطأ عند تركيب الموصل في أماكن مختلفة داخل محول التيار الحلقي او يمكن تركيب مادة copper foil من داخل محول التيار الحلقي



الشكل 2-27 : طريقة توصيل مع CT with air gap

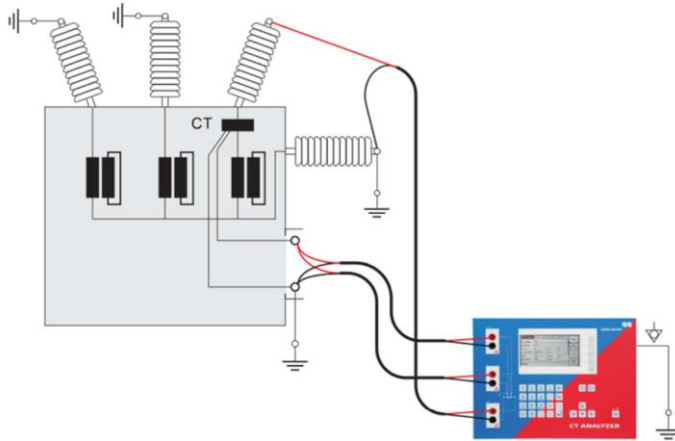
3- توصيلة فحص محول التيار داخل GIS :



الشكل 2-28 : طريقة التوصيل لفحص محول التيار داخل GIS

4- توصيلة فحص Bushing CT :

يتم تشريط محولات التيار الأخرى بالإضافة إلى تأريض الفازات الأخرى لل Bushing منعاً لأي تأثير على القراءات حيث ان مقاومة الدخل input impedance لجهاز CT Analyzer تقريبا $330k\Omega$ وقد يسبب خطأ في القياسات في حالة وجود مقاومات أخرى

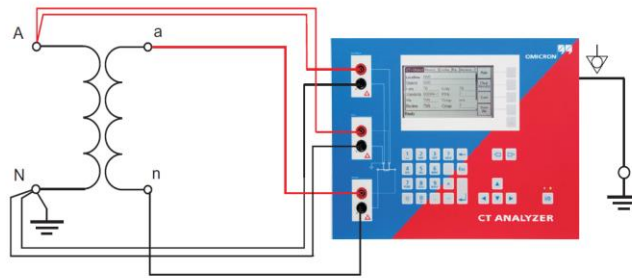


الشكل 2-29 : توصيلة فحص Bushing CT

5- توصيلة فحص نسبة التحويل لمحول الجهد VT Ratio Measurement Using

: Quick Test feature

- 1- حسب الشكل 2-30 قم بتوصيل كل من نقاط الحقن Output socket ونقاط الدخل للملف الثانوي "Sec" input إلى الملف الابتدائي لمحول الجهد وتوصل نقاط الدخل للملف الابتدائي جهة الملف الثانوي لمحول الجهد **في حالة كان التوصيل بالعكس ماذا سوف يحصل ؟**
لنأخذ مثال بسيط لو كان لدينا محول جهد نسبة الحويل فيه 100 / 110 KV
فإذا سلطنا جهد 100 فولت من ناحية الملف الثانوي لمحول الجهد سيظهر على أطراف الملف الابتدائي جهد 110 ك ف وهذا يسبب خطر كبير على العاملين بينما إذا كان تسليط نفس قيمة الجهد على الملف الابتدائي ستكون قراءة الجهد منخفضة حسب نسبة التحويل ويكون الإختبار آمن ويحقق الغرض المطلوب



الشكل 2-30: فحص نسبة التحويل لمحول الجهد باستخدام CT Analyzer

2- قم بفتح خاصية Quick test

3- اختبار VT Ratio measurement type وقم بتحديد أعلى قيمة للجهد وهي

40 فولت وحدد قيمة التردد وهي 60 هيرتز

4- إضغط على الزر I/O لبدء الفحص وستظهر النتائج على الشاشة كما هو في

الشكل 2-31

CT-Quick Results VT Ratio				Main
Output:	RMS	2.766A	-80.70°	
Sec:	RMS	3.590V	0.000°	
Prim:	RMS	59.67mV	2.281°	

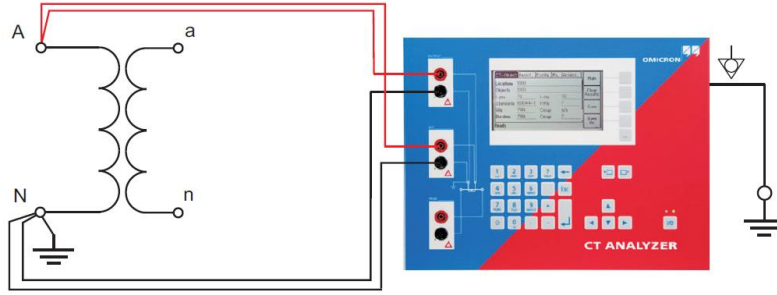
N:		60.157		
f:		50.00Hz		
Quick running				

الشكل 2-31 : نتائج فحص نسبة التحويل لمحول الجهد

6- فحص مقاومة ملف محول الجهد

VT Winding Resistance Measurement Using QuickTest feature

- 1- حسب الشكل 2-32 قم بتوصيل كل من نقاط الحقن Output socket ونقاط الدخل للملف الثانوي "Sec" إلى الملف المراد قياس مقاومته (ثانوي او ابتدائي)



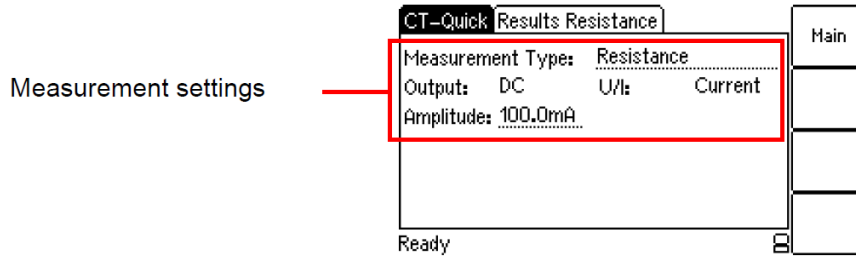
الشكل 2-32 : فحص مقاومة ملف محول الجهد

- 2- قم بفتح خاصية Quick test

- 3- اختر Resistance measurement type

- 4- اختر وضع DC لمنفذ الخرج في الجهاز output socket كما في

الشكل 2-33 وضع قيمة التيار المراد حقنه ويجب ان تكون قيمة صغيرة كما في الشكل لأن ملفات محولات الجهد غير مصممة لتحمل تيارات عالية كما وضعنا في الفصل الأول



الشكل 2-33 : معايرة فحص مقاومة ملف محول الجهد

- 5- اضغط على الزر I/O لبدء الفحص وستظهر النتائج على الشاشة كما هو في

الشكل 2-34

Live display of winding resistance

CT-Quick		Results Resistance		Main
Output:	DC	155.7mA	n/a	
Sec:	DC	8.134mV	0.000°	
Prim:	DC	-1.274μV	n/a	
Rs:		54.86mΩ		
Quick running				

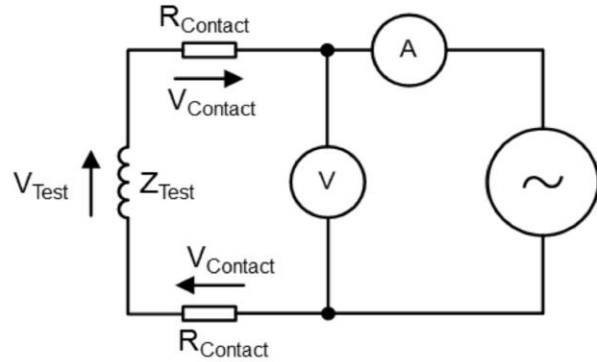
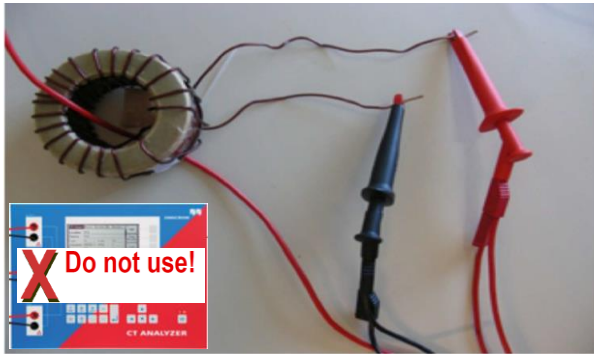
الشكل 2-34 : نتائج فحص مقاومة ملف محول الجهد

2-2-10 كيفية التوصيل مع محول التيار :

عند حقن تيار من خلال أي ماسك clamp فإن ذلك سيسبب هبوط في الجهد على مقاومة التوصيل Contact Resistance بين الماسك والمعدة المراد فحصها وهناك طريقتان لتوصيل جهاز CT Analyzer (كجهاز حقن) مع محول التيار

1- طريقة 2 wire connection:

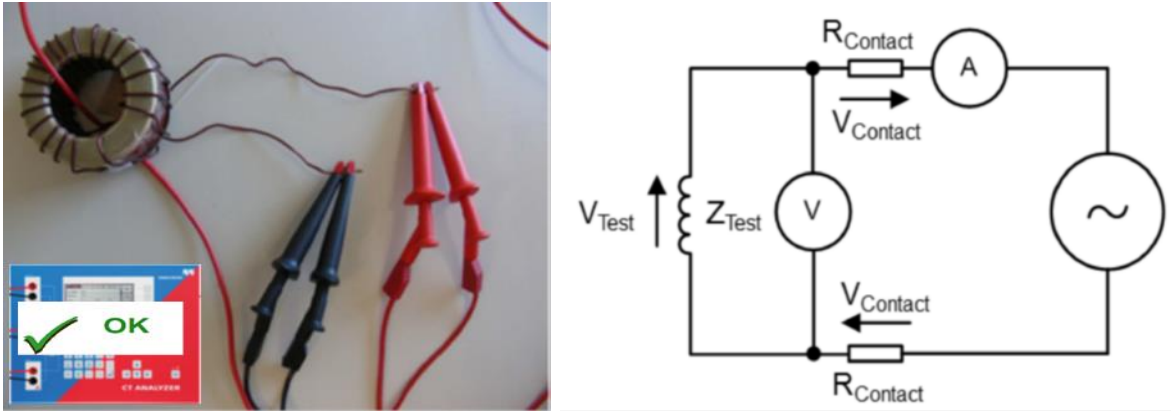
هذا النوع من التوصيل مثل الموضح في الشكل 2-35 يعني ان الجهد المقاس على المقاومة المراد فحصها Ztest سيكون خلف مقاومة التوصيل بحيث يطرح منه الجهد على مقاومة التوصيل وهذا لا يمثل الجهد الفعلي على المعدة المراد فحصها وبالتالي لا ينصح باستخدام هذه الطريقة عند التوصيل مع جهاز CT analyzer



الشكل 2-35 : طريقة التوصيل بسلكين مع المعدة المراد فحصها

طريقة 2- 4-wire connection :

هذا النوع من التوصيل مثل الموضح في الشكل 2-36 يعني ان الجهد المقاس على المقاومة المراد فحصها Ztest سيكون أمام مقاومة التوصيل حيث يكون على المعدة مباشرة وبالتالي يقيس الجهد الفعلي على المعدة المراد فحصها وينصح باستخدام هذه الطريقة عند التوصيل مع جهاز CT analyzer



36-2 : طريقة التوصيل بأربعة أسلاك مع المعدة المراد فحصها

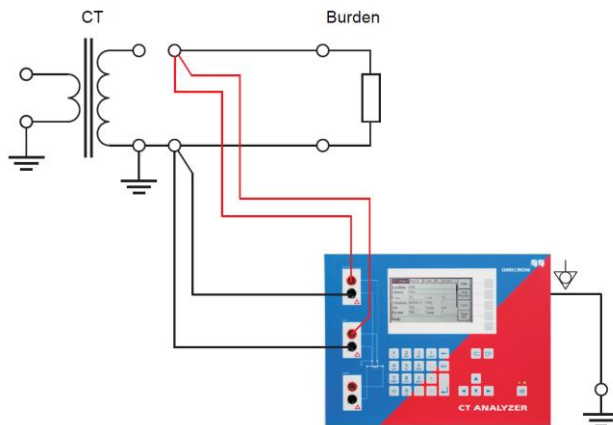
2-2-11 طريقة فحص محول التيار باستخدام جهاز CT Analyzer

1- فحص الحمل Burden test :

1- قم بتوصيل الجهاز بالأرضي

2- قم بفتح دائرة محول التيار من الطرف الغير مؤرض كما هو موضح في الشكل

2-37



الشكل 2-37 : طريقة فحص حمل محول التيار

ما الذي سيحصل لولم يفصل الحمل عن محول التيار ؟

سيقوم الجهاز بقياس مقاومة محول التيار وستكون قيمة المقاومة خاطئة لأنها المفترض أن تكون مقاومة الحمل فقط وغالبا تكون مقاومة محول التيار أعلى من مقاومة الحمل مما يسبب خطأ في القياسات بالإضافة أن الجهاز لا يقوم بعملية إعادة المغنطة Demagnetization إبعد فحص الحمل وهنا يمكن حصول تشبع لمحول التيار في حالة لم يفصل الحمل عن الملف الثانوي لمحول التيار

3- قم بتوصيل الطرف الأسود في منفذ الخرج output socket وكذلك المنفذ الأسود في منفذ الدخل للملف الثانوي "sec" Input إلى الطرف المؤرض من جهة محول التيار

4- قم بتوصيل الطرف الأحمر في منفذ الخرج output socket وكذلك المنفذ الأسود في منفذ الدخل للملف الثانوي "sec" Input إلى الطرف الغير مؤرض من جهة محول التيار

تحت قائمة CT object قم بإختيار تبويبة burden ثم ضع قيمة تيار الفحص وهو 1 أمبير او 5 أمبير حسب نسبة التحويل وسيقوم الجهاز بحساب مقاومة الحمل وقيمة الحمل بال VA بناء على المعادلات التالية

$$Burden = Z \cdot I_{sn}^2$$

$$Z = \frac{V_{meas}}{I_{meas}}$$

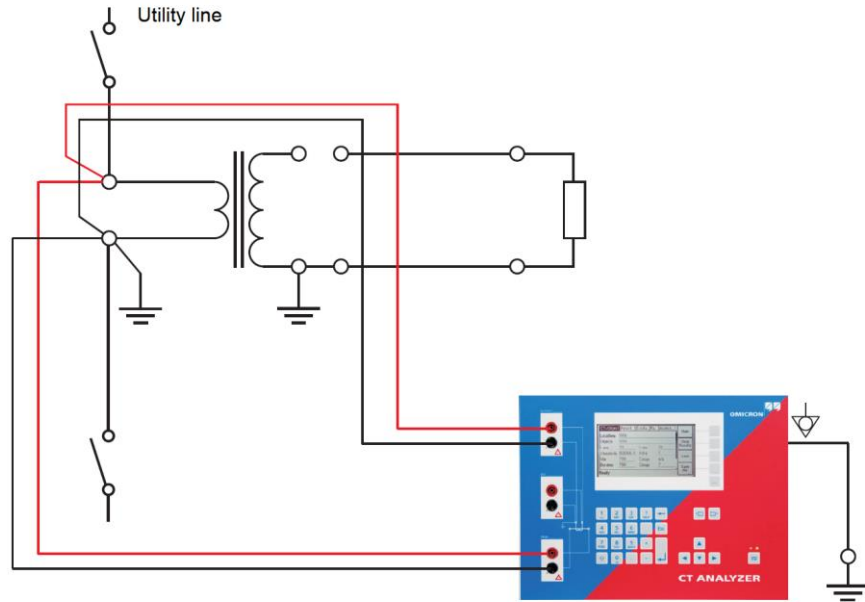
CT-Object	Burden	Res. Mag...	Resistance	Main
I-test:	1.0A	I-sn:	1.0A	
I-meas:	995.9mA	0.00°		
V-meas:	0.440V	0.26°		
Burden:	0.441VA	Cosφ:	1.000	
Z:	441.4mΩ			
Ready				8

الشكل 2-38 : شاشة فحص الحمل في جهاز CT Analyzer

2- قياس مقاومة الملف الابتدائي Basic Wiring for Primary Resistance : Measurement

1- قم بتوصيل اطراف الحقن و القياس للإبتدائي للطرف الغير مؤرض بالنسبة للملف الإبتدائي و الأطراف الأخرى مع الطرف المؤرض

2- قم بفصل الحمل عن محول التيار



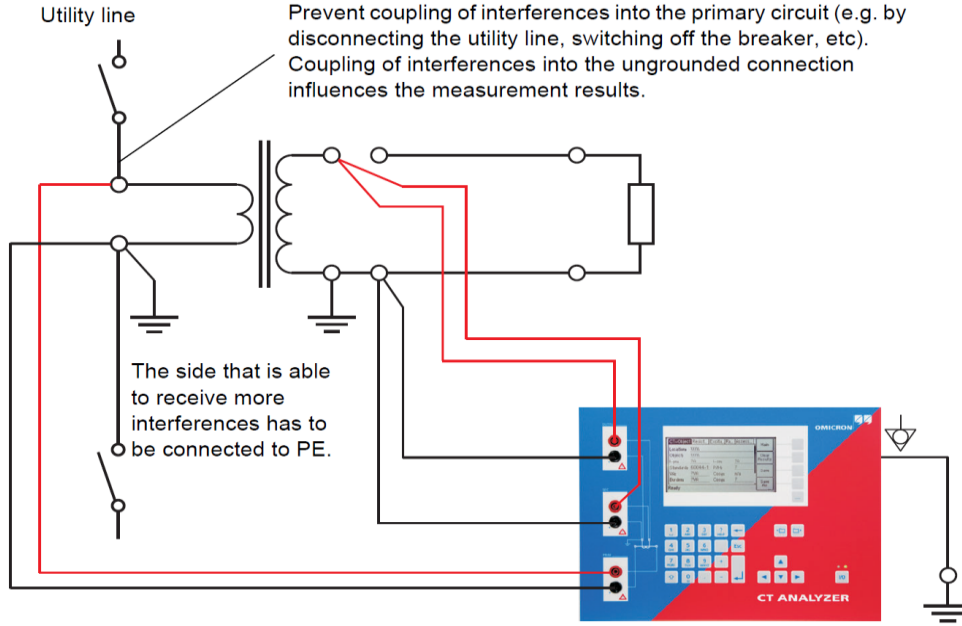
الشكل 2-39 : قياس مقاومة الملف الابتدائي

عند فحص مقاومة الملف الثانوي يتم حساب المقاومة من خلال الجهد المسلط على الملف و التيار المار فيه وتحسب قيمة مقاومة الملف الثانوي بناء على قيمة مرجعية للمقاومة عند درجة حرارة المعطاة من المصنع وغالبا تكون عند 75 درجة مئوية ويتم تحويل القيمة حسب درجة حرارة المكان الذي يفحص فيه محول التيار حسب المعادلة التالية

$$R_{ref.} = R_{meas.} \cdot \frac{235 + T_{ref.}}{235 + T_{meas.}}$$

3- توصيلة اختبارات محولات التيار : Basic Wiring for a CT Test

يتم عمل جميع الاختبارات بتوصيلة واحدة مثل منحني المغناطيسية و مقاومة الملف الثانوي ونسبة التحويل باستثناء فحص حمل محول التيار و الذي وضحنا توصيلته في النقطة الأولى والذي يستخدم عادة في الموقع حيث يتم عزل محول التيار وحقن تيار في دائرة المحول في خلايا الحماية protection panels



الشكل 2-40 : التوصيلة الأساسية لفحص محول التيار

3-2 جهاز CPC100 :

يستخدم جهاز CPC100 لفحص محولات التيار و الجهد وحقن تيارات عالية في الملف الابتدائي ويمتاز جهاز CPC100 أنه مجهز لفحص محولات التيار المصنوعة من الألياف البصرية Optical CT حسب المواصفات العالمية ونعرض هنا بعض مواصفات الجهاز والاختبارات التي يفحصها

- 1- يعطي الجهاز قدرة تصل 4.8 ك ف أ بحد أقصى
- 2- يعطي الجهاز قيم جهود وتيارات بترددات مختلفة 15 إلى 400 هيرتز
- 3- يعالج البيانات بسهولة
- 4- يزن 29 كيلو جرام

5- يفحص الاختبارات التالية في محول التيار (الحمل Burden , القطبية polarity ومنحنى المغناطيسية excitation curve و مقاومة الملف الثانوي winding , resistance والعازلية dielectric withstand voltage test وفحص نسبة التحويل (Ratio test)

6- يفحص الاختبارات التالية في محول الجهد (لحمل Burden , القطبية polarity و مقاومة الملف الثانوي winding , resistance والعازلية dielectric withstand voltage test(2KVAC وفحص نسبة التحويل Ratio test

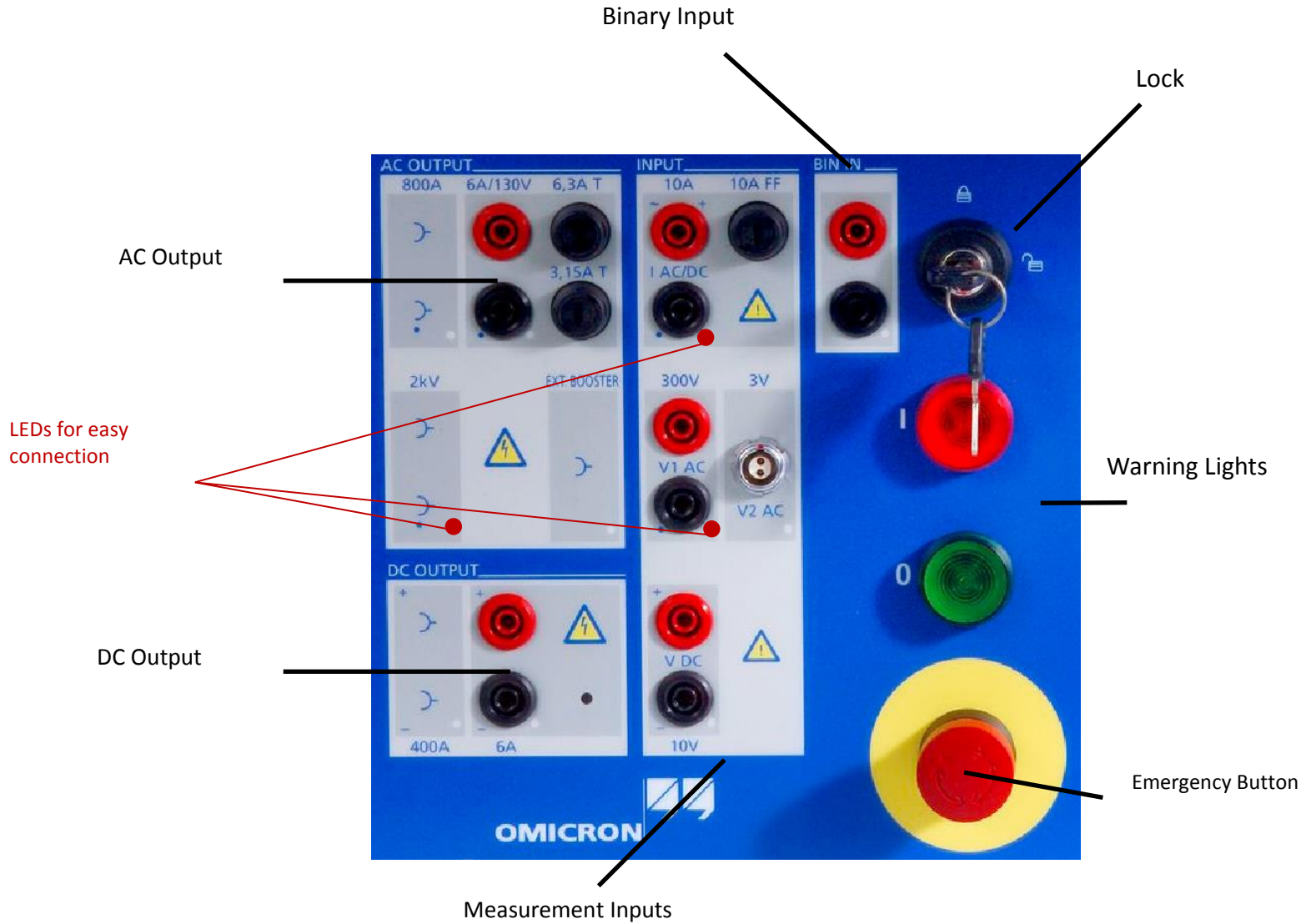
7- يفحص الاختبارات التالية في محولات القدرة (فحص مغير الخطوة tap changer و فحص مقاومة الملفات winding resistance و فحص نقاط التوصيل لمغير الخطوة tap changer contact و فحص العازلية dielectric withstand voltage test(2KVAC و فحص العازلية للمحول Insulation tests (TanDelta)

8- فحص المقاومات للمعدات المختلفة مثل القواطع (مقاومة التوصيل contact resistance و مقاومة الملفات winding resistance و مقاومة الأرضي (Earth resistance)

1-3-2 محتويات الجهاز الخارجي :

يوجد في كل نقطة دخل او خرج لمبة LED تدل على النقاط المطلوب توصيلها حسب نوع الاختبار وهذا يمثل سهولة في التوصيل . الخرج الخاص بالتيار المستمر dc , المفتاح خاص بقفل الجهاز حتى يستخدمه شخص آخر فمثلا إذا اردت حقن تيار او تسليط جهد على معدة بشكل مستمر وتريد أن تغادر الموقع فبإمكانك معايرة جهاز CPC على قيم الحقن المطلوبة و تقوم بقفل الجهاز فلا يستطيع أحد ان يوقف الحقن او غير قيم المعايرة في حال غيابك طالما المفتاح معك ولا يشترط ان لكل جهاز مفتاح خاص فيمكنك استخدام أي مفتاح في أي جهاز CPC100 وفي حالة حدوث أمر ما أثناء الحقن فيمكن إيقاف الحقن عن طريق Emergency Button . الإضاءة باللون الأخضر تدل على أنه لا يوجد جهد على الأطراف وبالتالي يمكن

لمس الأطراف أو توصيلها بأمان أما الإضاءة باللون الأحمر فهي دلالة على الحقن مستمر أو وجود جهد على الأطراف .

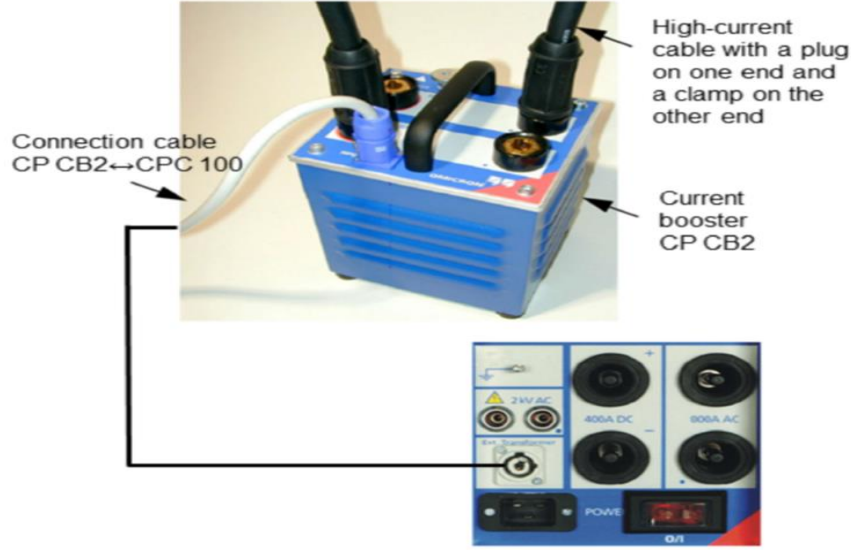


الشكل 2-41 : المظهر الأمامي لجهاز CPC100



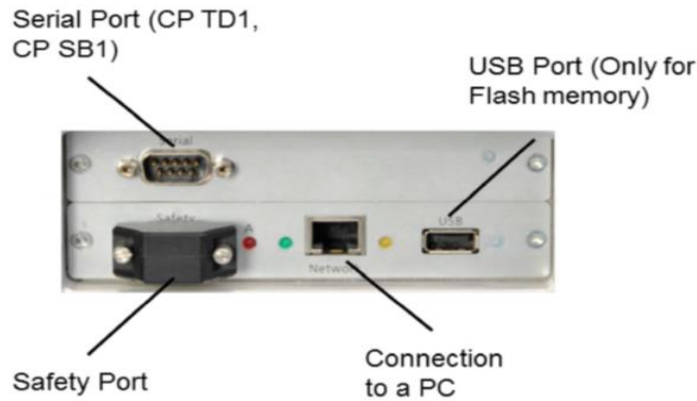
الشكل 2-42 : المظهر الجانبي الأيسر لجهاز CPC100

يتكون هذا الجانب من أطراف لتسليط الجهد تصل إلى 2 ك ف ومصدرين لحقن التيار تصل إلى 800 أمبير للتيار المتردد AC و 400 أمبير للتيار المستمر DC مع وجود نقطة لتأريض الجهاز لغرض الحماية من الشحنات الإستاتيكية لمستخدم الجهاز كما يوجد مكبر للتيار Current booster وهو عبارة عن جهاز خارجي يرفع قيمة حقن التيار إلى 2000 أمبير كما هو موضح في الشكل 2-43 وإسمه CP CB2 و بالإمكان أن تختار القيمة التي تريد أن تحققها من خلاله إما 1000 أمبير أو 2000 أمبير كحد أقصى .



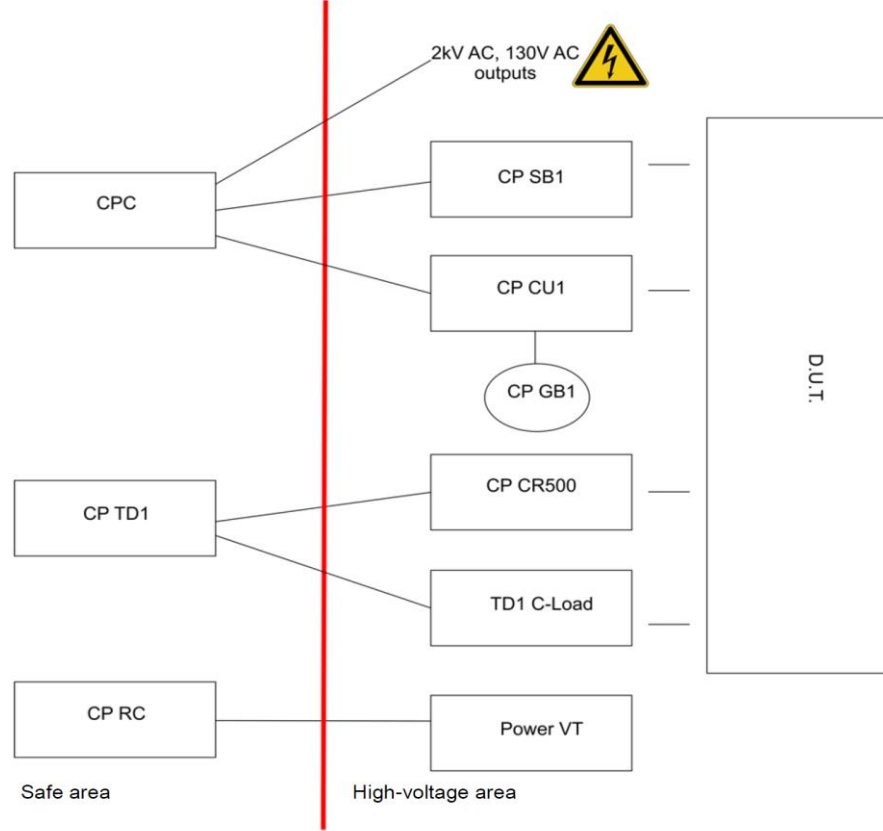
الشكل 2-43 : طريقة توصيل مكبر التيار الخارجي CP CB2 مع جهاز CPC100

المنظر الجانبي الأيمن للجهاز يحتوي على عدد من المنافذ الخاصة بالتواصل مع أجهزة أخرى مثل المنفذ التسلسلي RS232 Serial port Interface وذلك لإمكانية التوصيل مع الإكسسوارات الأخرى مثل CP SB1 و CP TD1 , منفذ الأمان safety port لتوصيل معدات السلامة مثل External emergency Stop button, External "test start/stop" push-button , External I/O warning lights , *CPCR500* أو توصيل جهاز safety dongle لإستخدام ترخيص معين , منفذ شبكة RJ45 للتوصيل مع الحاسب المحمول ومنفذ USB لغرض حفظ وتخزين الملفات في ذاكرة خارجية فقط ولا يستخدم هذا المنفذ لغرض التواصل مع الأجهزة الأخرى



الشكل 2-44 : المنظر الجانبي الأيمن لجهاز CPC 100

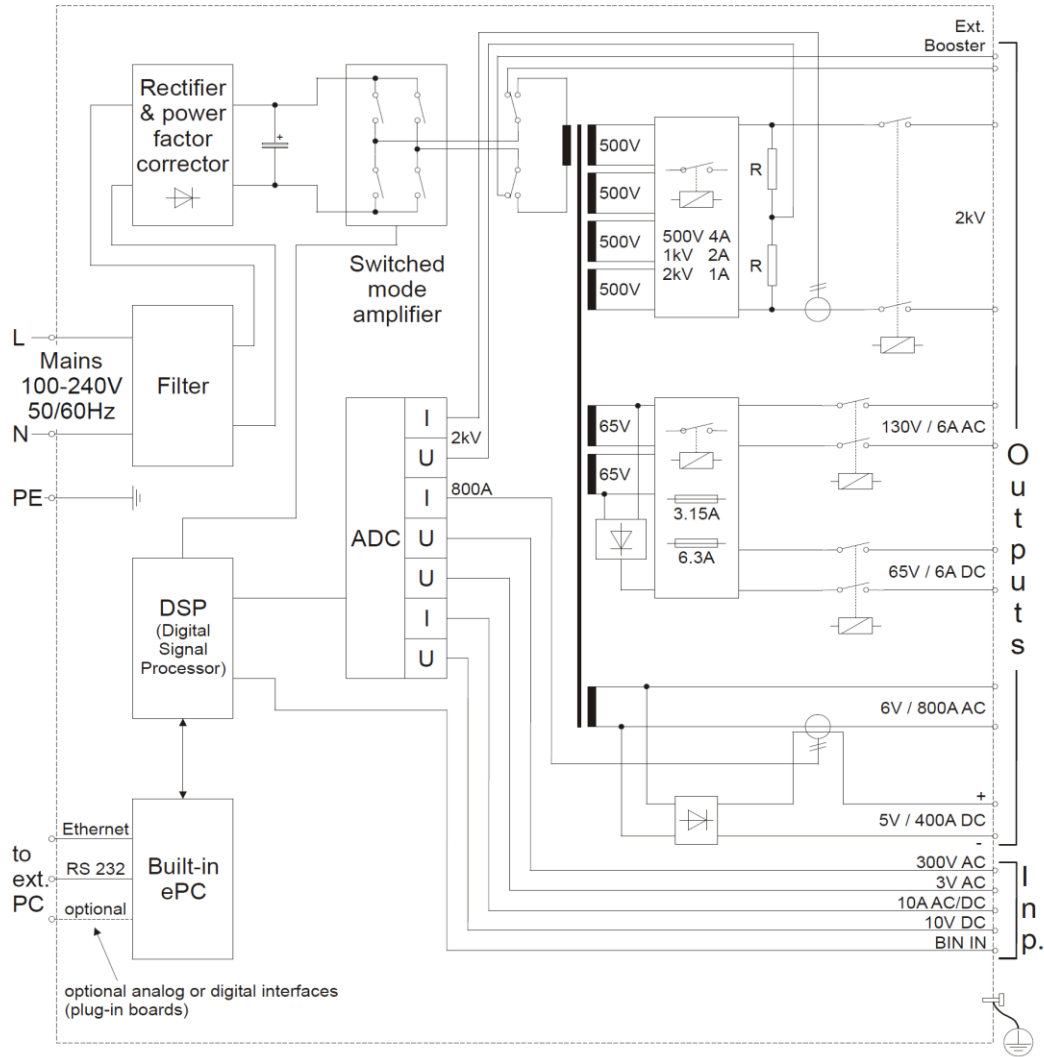
دائماً تكون أجهزة الحقن بعيدة بمسافة أمنة من منطقة الجهد العالي وتوفر شركة أمكرون العديد من الأجهزة المساعدة لعزل منطقة الفحص عن المعدة المراد فحصها وبالذات التي تعمل تحت الجهود العالية و الفانقة كما هو موضح في الشكل 2-45



الشكل 2-45 : فصل منطقة الأمان عن منطقة الجهد العالي بإستخدام أجهزة مختلفة من صنع شركة أمكرون

2-3-2 الرسم المخطط للجهاز :CPC100 Block diagram

بعد التعرف على الأجزاء الخارجية و الظاهرة من جهاز CPC 100 نستعرض هنا رسم مبسط للجهاز يبين التوصيلات الداخلية فيه وكيف ترتبط مع بعضها كما هو موضح في الشكل 2-46

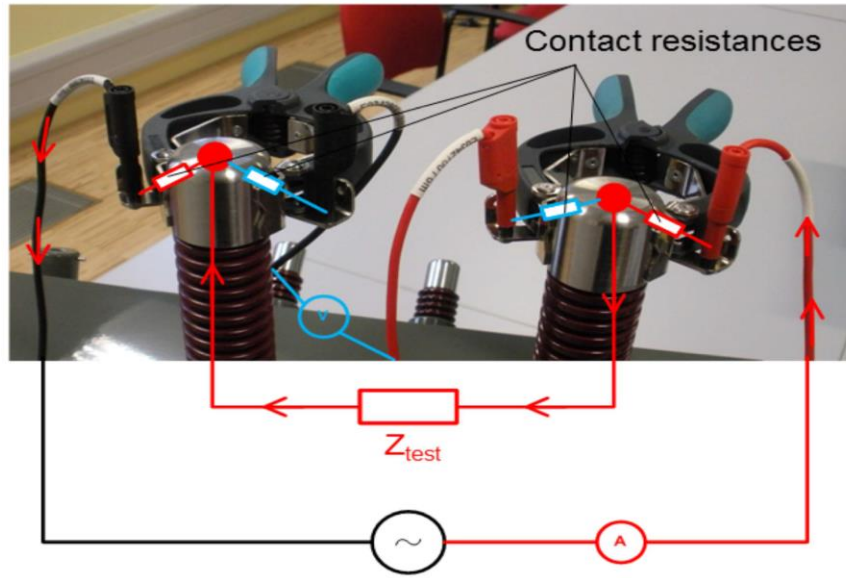


الشكل 2-46 : مخطط جهاز CPC 100

في الشكل يظهر لنا قيم الجهد و التردد الداخلة للجهاز 100 – 240 V, 50 / 60 Hz والتي تدخل على فلاتر وموحدات rectifiers وبعدها تدخل على وحدة معالجة رقمية DSP . مخرج 2 ك ف للجهد يتكون من 4 ملفات جهد 500 فولت بحيث تعطي أكثر من جهد 500 فولت و 1000 فولت و 2000 فولت . كما يوجد ملفين بجهد 65 فولت يخرج منها جهد متردد بقيمة 130 فولت و جهد مستمر بقيمة 65 فولت وملف جهد متردد 6 فولت و جهد مستمر 5 فولت كما يتم تحويل قيم الجهود و التيارات الداخلة إلى الجهاز إلى قيم رقمية من خلال وحدة ADC

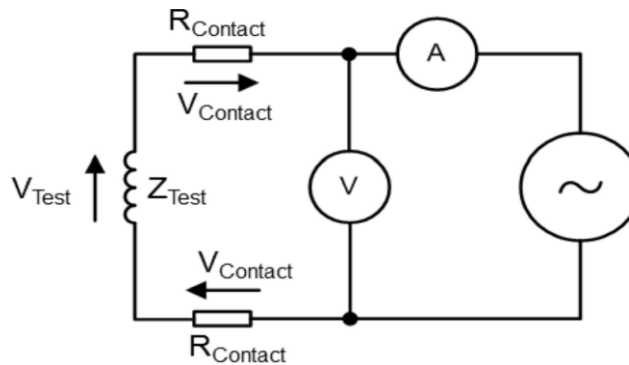
2-3-3 طريقة توصيل المعدة مع جهاز CPC100 :

يتم استخدام مقبضين تسمى Kelvin clamps ويتوصل فيها أربعة أسلاك 4 wire إثنان منها لمسار التيار المار بالمعدة المراد فحصها وإثنان تستخدم لقياس فرق الجهد على مقاومة التلامس contact resistance بين المقبض و طرف المعدة كما هو موضح في الشكل 47 – 2 وذلك للأخذ في الحسبان قيمة جهد مقاومة التلامس في القياسات

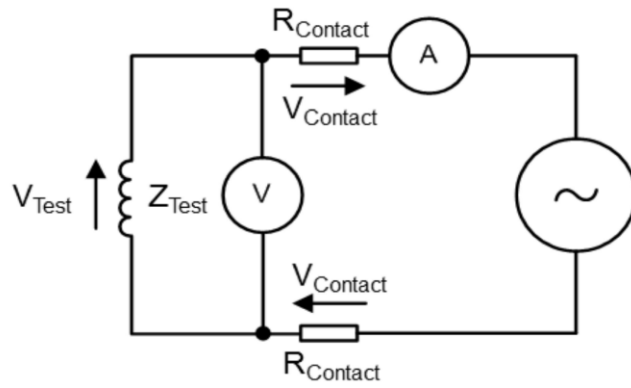


الشكل 2-47 : طريقة التوصيل 4 wire measurements

عند استخدام 2 wire measurements فستكون قيمة الجهد المقاسة غير دقيقة سيضاف عليها قيمة جهد مقاومة التلامس كما هو واضح في الدائرة المكافئة في الشكل 48 – 2



الشكل 2-48 : الدائرة المكافئة لطريقة توصيل 2 wire measurements



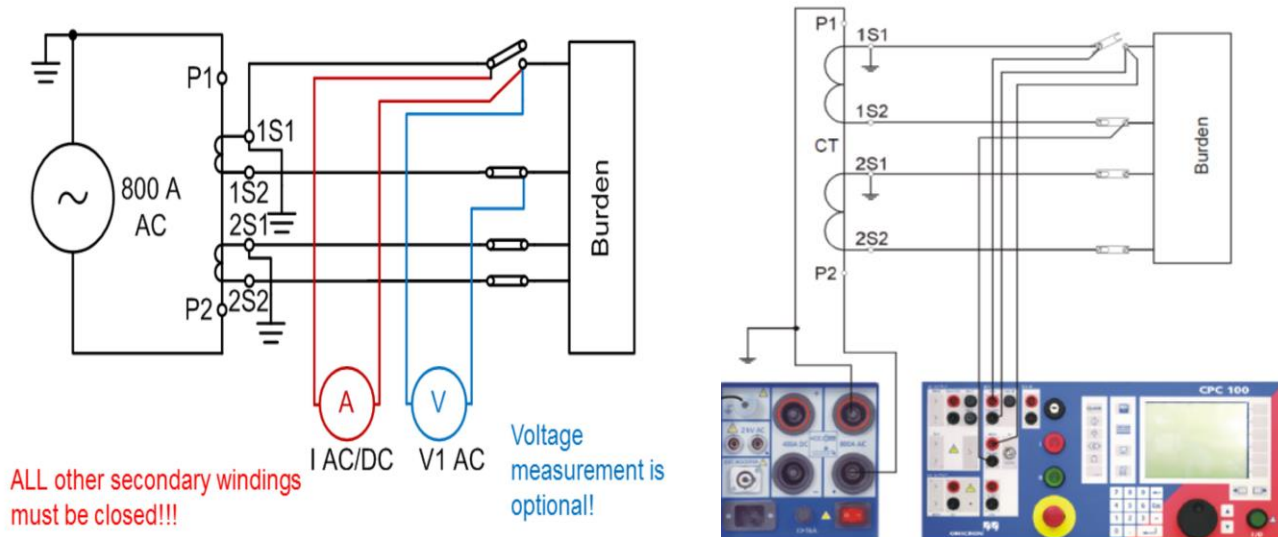
الشكل 2-49 : الدائرة المكافئة لطريقة توصيل 4 wire measurements

بينما كما في الشكل 2-49 فإن التوصيل لأربعة أسلاك سيلغي مقاومة التوصيل من مجموع مقاومة المعدة تحت الفحص ويكون الجهد المقاس فقط على مقاومة المعدة .

2-3-4 إختبارات محول التيار بواسطة جهاز CPC100 :

1- فحص الحمل و نسبة التحويل لمحول التيار CT Ratio test :

فحص نسبة التحويل نقوم بحقن تيار في الطرف الابتدائي لمحول التيار ونقوم بقصر الطرف الثانوي للمحول . ما نحتاجه هنا فقط قراءة التيار على الطرف الثانوي للتأكد من نسبة التحويل



الشكل 2-50 : طريقة التوصيل لإختبار الحمل نسبة التحويل لمحول التيار باستخدام CPC

وفي الشكل 2-51 يوضح طريقة إعداد صفحة الحقن من جهاز CPC100 وبنفس التوصيلة نستطيع قياس اعلى حمل يمكن لمحول التيار تحمله وذلك بإضافة قياس الجهد من الرسمة في الشكل 2-50

Nameplate data
Test Current

Measurement results

CTExcitation 1		RWinding 1		CTRatio 1	
Range:	AC 800A			<input checked="" type="checkbox"/> Auto	
I prim.:	200.0 A	I sec.:	5.000 A		
I test:	200.0 A	f:	50.00 Hz		
I prim.:	199.98 A	<input type="checkbox"/> Current clamp I sec.			
I sec.:	5.0116 A	0.18 °	<input type="checkbox"/> Manual input		
Ratio:	200:5.012	0.24 %			
Polarity:	OK	<input checked="" type="checkbox"/> Measure burden			
V sec.:	1.2096 V	0.90 °	<input type="checkbox"/> Manual input		
Burden:	6.0340 VA	cos φ:	1.000		
Assessed:	n/a				

Insert Card
Delete Card
Rename Card
Clear Results
Save As Default
Settings

$$Burden[VA] = Z \cdot I_{sec,nominal}^2 = \frac{V_{sec,measured}}{I_{sec,measured}} \cdot I_{sec,nominal}^2$$

الشكل 2-51 : إعداد صفحة الحقن لإختبار الحمل و نسبة التحويل

وفي حالة كانت نسبة التحويل عالية و نحتاج إلى رفع قيمة تيار الحقن نستخدم ملحق Current booster CP CB2 ونقوم بإعداد صفحة الحقن جهاز كما في الشكل 2-52

Device Setup Network Display Date/Time

External booster: CB2

Clamp & input transformer s: CB2

I Clamp: I AC 0.10

CU20

CU1

CT: OFF 1000.0 A : 1.0000 A

VT: OFF 10000.0 A : 100.0000 A

Quick 1 CTRatio 1

Range: CB2 1000A ☐ Auto

I prim.: AC 800A 5.000 A

I test: CB2 1000A 50.00 Hz

I prim.: n/a ☐ Current clamp I sec.

I sec.: n/a n/a ☐ Manual input

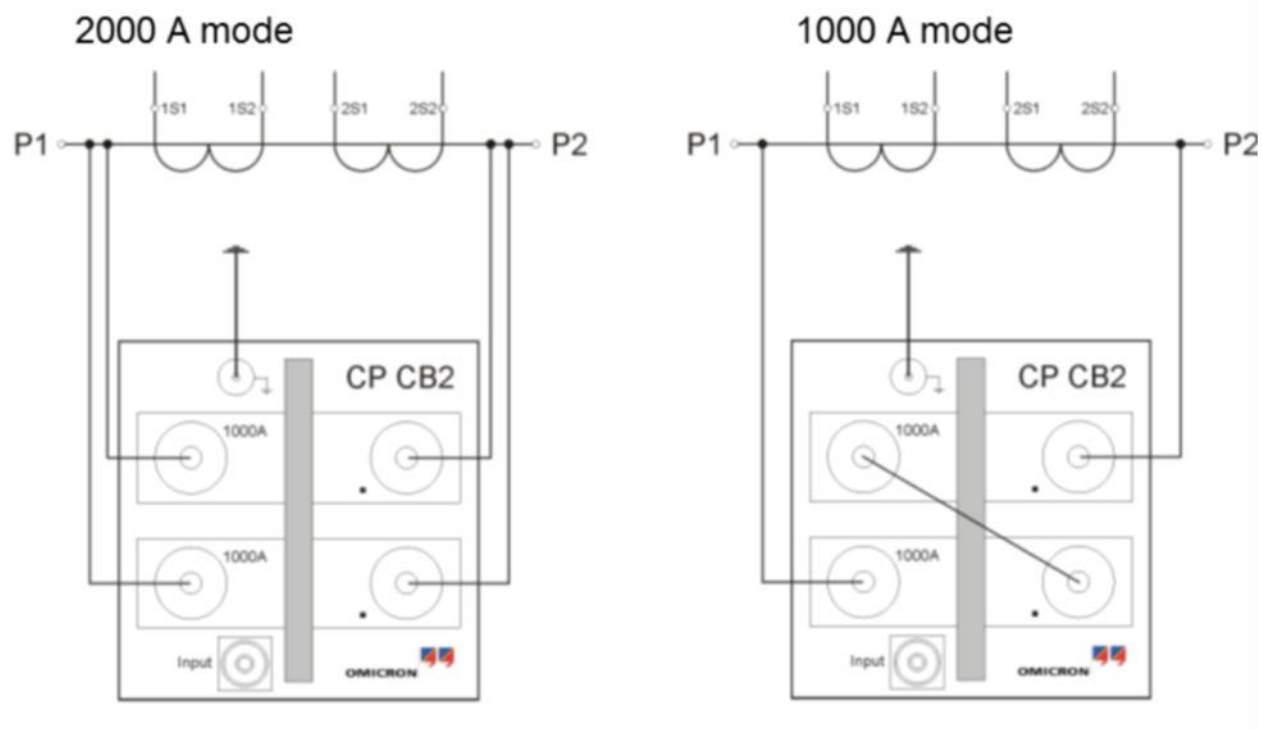
Ratio: n/a n/a

Polarity: n/a ☐ Measure burden

الشكل 2-52 : إعداد حقن تيار من خلال جهاز CP CB2 Current booster

نختار خيار settings view وبعدها device setup ونختار CB2 تحت External booster . و بالإمكان حقن اكثر من قيمة في الملف الابتدائي كما هو موضح في الشكل

2-53



الشكل 2-53 : طريقة حقن تيارات عالية باستخدام ملحق CP CB2

Test stops automatically

nominal secondary current

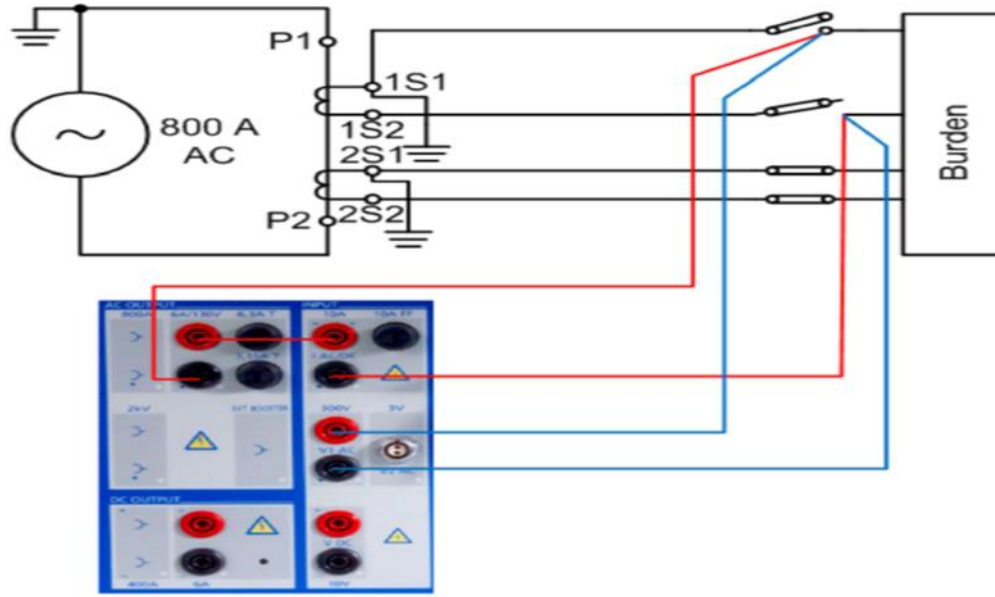
test current & test frequency

CTExcitation 1		CTRatio 1		CTBurden 1	
I sec.:	1.000 A				
I test:	0.010 A				
f:	50.00 Hz				
				<input checked="" type="checkbox"/> Auto	
I sec.:	140.0 μ A				
V sec.:	48.16 mV	25.30 °		<input type="checkbox"/> Manual input	
Burden:	344.00 VA	cos ϕ :	0.904		
Assessed:n/a					

Insert Card
Delete Card
Rename Card
Clear Results
Save As Default

$$Burden[VA] = Z \cdot I_{sec,nominal}^2 = \frac{V_{sec,measured}}{I_{sec,measured}} \cdot I_{sec,nominal}^2$$

الشكل 2-54 : طريقة فحص الحمل الموصل على محول التيار

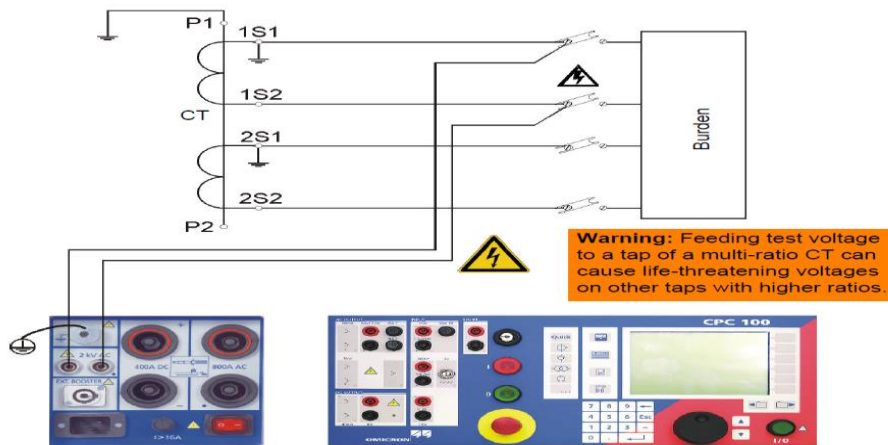


الشكل 2-55 : طريقة فحص الحمل على شاشة CPC 100

عند عمل إشارة صح على مربع خيار Manualinput يمكن أن ندخل قيم الجهد و التيار المقاس من خلال جهاز قياس خارجي ولكن لن تظهر لنا الزاوية بين الجهد و التيار

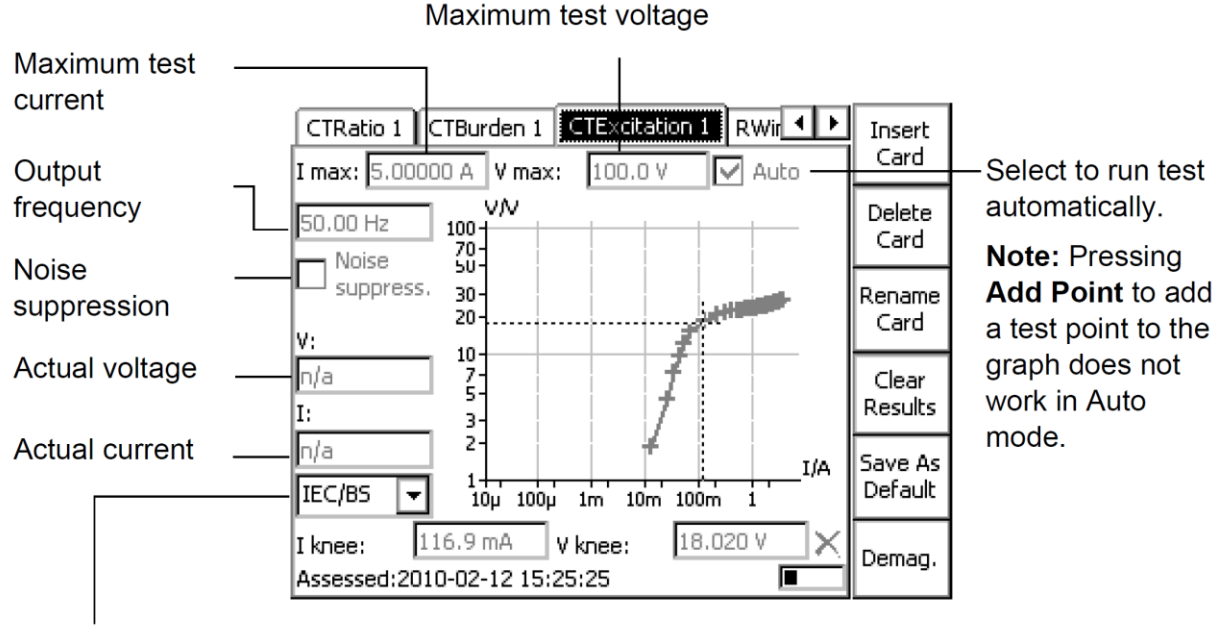
2- فحص منحنى المغناطيسية CT Excitation test :

يتم فحص منحنى المغناطيسية بتسليط جهد تدريجي من 0 إلى 2 ك ف على طرفي المحول الثانوي مع ضرورة تأريض الجانب الابتدائي مع ما يقابله من الجانب الثانوي



الشكل 2-56 : طريقة توصيل فحص منحنى التشبع بجهاز CPC 100

وفي حالة وجود محول تيار بأكثر من ملف Multi ratio فهناك تحذير من ظهور جهد حثي على الطرف الغير مسلط عليه الجهد ويزيد كلما زادت نسبة التحويل لمحول التيار



- IEC/BS According to IEC 60044-1, the knee point is defined as the point on the curve where a voltage increment of 10% increases the current by 50%.
- ANSI 45° According to IEEE C57.13, the knee point is the point where, with a double logarithmic representation, the tangent line to the curve forms a 45° angle. Applies to current transformer cores without an air gap.
- ANSI 30° Like ANSI 45° but forming a 30° angle. Applies to current transformer cores with an air gap.

الشكل 2-57 : بيانات شاشة فحص منحنى التشبع بإستخدام CPC 100

Imax and Vmax هما أعلى قيم للجهد و التيار التي يصمم عليهما مقياس الرسم لمنحنى التشبع. التردد f يبدأ من التردد الأساسي إلى التردد عند نقطة التشبع و إذا كان التردد منخفض عند نقطة التشبع تكون قيمة الجهد عند نقطة الانحناء منخفضة .

إختيار noise suppression يستخدم في حالة وجود تشوهات في شكل المنحنى وعدم إستدامته unsteadiness وعند تحديد هذا الإختيار تؤخذ القراءة عند ترددات مختلفة بناء على النحو التالي

$$\text{If } f_{\text{nom}} \geq 60 \text{ Hz} \rightarrow f_{\text{test}} = f_{\text{nom}} - 10 \text{ Hz.}$$

$$\text{If } f_{\text{nom}} < 60 \text{ Hz} \rightarrow f_{\text{test}} = f_{\text{nom}} + 10 \text{ Hz.}$$

حيث أن f_{nom} هي قيمة التردد الطبيعي أما f_{test} هي قيمة التردد عند إختبار منحنى التشبع وتحسب قيمة الجهد عند التردد الأساسي من قيمة الجهد المقاسة عند التردد أثناء فحص المنحنى بهذه الطريقة

$$f_{nom} (V = V_{meas} * f_{nom} / f_{test}). \text{ With } f_{nom} < 60 \text{ Hz}$$

في هذه الحالة تنخفض قيمة الجهد المقاس إلى 20 % في حالة أن التردد الطبيعي أقل من 60 هيرتز أما في حالة ان التردد أعلى او يساوي 60 هيرتز

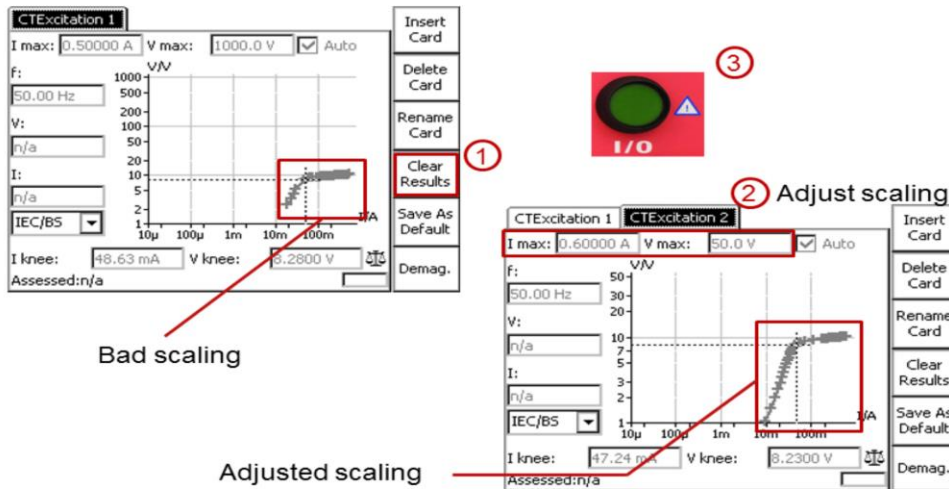
with $f_{nom} \geq 60 \text{ Hz}$,

فإن قيمة الجهد المقاس تزيد 16 % أما تيار الحث فلا يوجد له تصحيح لأن تأثيره بسيط جدا **I knee / V knee** يتم حسابها حسب المواصفة التي يتم إختيارها سواء المواصفة البريطانية او الأمريكية

Demag هو خيار للتخلص من الفيض المتبقي بعد إختبار منحنى التشبع ولا بد من إختياره بعد الإختبار حتى لا يؤثر على قياسات محول التيار وهو في الخدمة. **Auto** تحديد هذا الإختيار يجعل الإختبار يتم بشكل الي وعدم تحديده يتطلب تحديد نقاط الحقن يدويا .

طبقا للمواصفات العالمية فإن كرت CT Excitation test يقوم بقياس قيمة **rms** (Rectified mean value) للجهد وهي تختلف عن **rms** (Root mean square) حين وصول محول التيار إلى مرحلة التشبع .

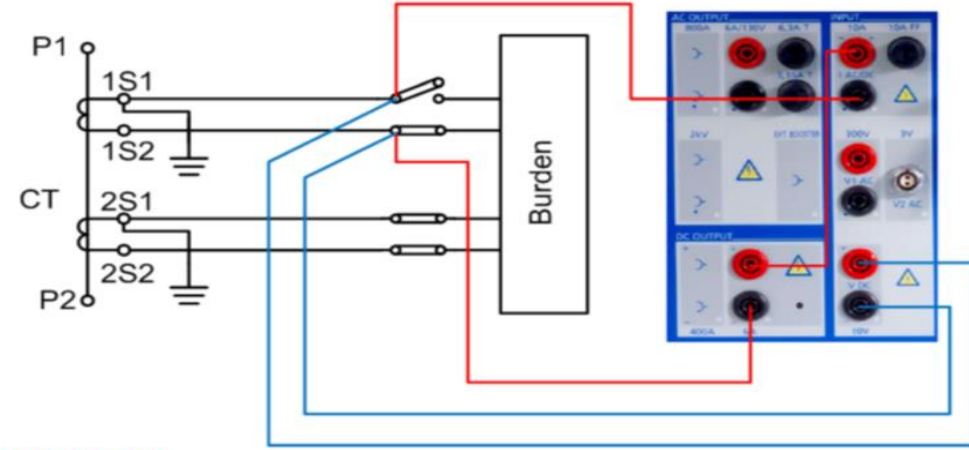
في حالة عدم وضوح مقياس الرسم يمكن الخطوات فالشكل 2-58 ليتم التعديل في قيم الجهد V_{max} والتيار I_{max} إلى ان توضح رسمة المنحنى



الشكل 2-58 : خطوات تغيير مقياس الرسم في حالة عدم وضوح المنحنى

3- فحص مقاومة ملف محول التيار CT Winding Resistance:

يستخدم إختيار **RWinding** وهو الخاص بفحص وقياس مقاومة الملف الثانوي لمحول التيار من خلال حقن تيار مستمر في مقاومة الملف وقياس الجهد على المقاومة وبالتالي نحسب قيمة مقاومة الملف الثانوي لمحول التيار كما هو موضح في دائرة التوصيل بين جهاز CPC100 ومحول التيار في الشكل 2-59



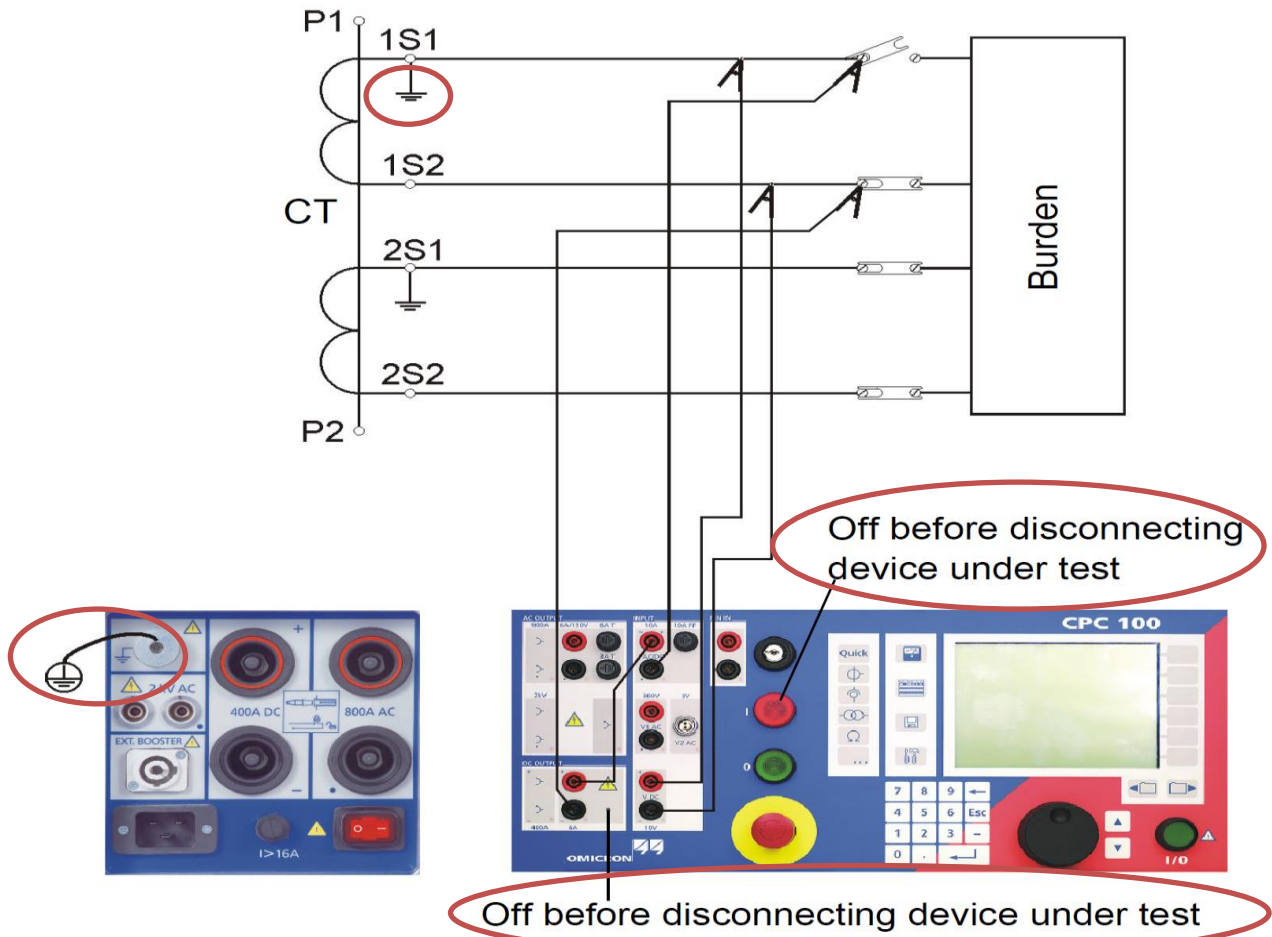
Attention!!!:

- DO NOT interrupt the current path!!
- ONLY use the RWinding Test Card!!

الشكل 2-59 : دائرة فحص مقاومة الملف الثانوي لمحول التيار

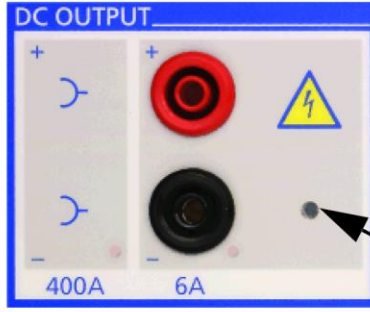


ويحذر من فتح دائرة التوصيل أثناء حقن التيار حتى لا يتكون جهد عالي على اطراف محول التيار والذي سيتسبب في حرق من يلمسه ولا بد من التأكد من ان لمبة التحذير الحمراء "I" غير مضيئة وكذلك يوجد لمبة صغيرة في وحدة DC output لا بد من التحقق من انها غير مضيئة أيضا قبل فصل الأسلاك من أطراف محول التيار مع ضرورة توصيل كل من CPC100 ومحول التيار تحت الفحص بالأرضي كما هو موضح في الشكل 2-60 .



الشكل 2-60 : تحذيرات التوصيل لفحص مقاومة الملف الثانوي لمحور التيار

من المهم التنويه على ضرورة استخدام خاصية Rwinding لفحص مقاومة ملف محور التيار لأنه يقوم بعمل تفريغ للطاقة المخزنة في ملف محور التيار بعد الفحص بشكل تلقائي مما يحقق سلامة لمس اطراف محور التيار بعد الفحص وهذا سبب بقاء إضاءة اللمبات الموضحة في الشكلين 2-60 و 2-60A بعد إنتهاء الفحص ولذلك يمنع فصل اسلاك الفحص إلا بعد إطفاء هذه اللمبات



The message "Switch off in progress" notifies you that, after the *CPC 100* was switched off, the connected external inductance (that is, the test object) still "feeds" voltage potential back into the **6A DC** or **400A DC** output.

The existence of this voltage potential at the **6A DC** output is also indicated by a lit LED - even if the *CPC 100* is switched off.

الشكل 60A - 2 : توضيح للمبة التي في وحدة DC output أثناء تفريغ ملف محول التيار

الشكل 61-2 يوضح شاشة الفحص في جهاز *CPC100* يتم حقن تيار مستمر قدره 6 أمبير إذا كان محول التيار خاص بأجهزة القياس أما محولات التيار الخاصة بأجهزة الحماية يمكن حقن تيار أعلى من 6 أمبير

Nominal test current	Output range	Measurement range	Maximum deviation between the measured values within the last 10 s of the measurement. The results are considered stable if Dev < 0.1%.
Actual test current	Range: DC 6A	TRTapCheck 1 RGround 1 Co	Insert Card
Measured voltage at input V DC	I test: 5.000 A	R min: 40.00 μΩ	Delete Card
Transformer's winding resistance	I DC: 4.9990 A	R max: 2.0000 Ω	Rename Card
Enable/disable temperature compensation for the result	V DC: 2.5430 V	Dev.: 0.01 %	Clear Results
	R meas.: 508.7 mΩ	Time: 31.000 s	Save As Default
	<input checked="" type="checkbox"/> Temperature compensation for Cu		Keep Result
	T meas.: 25.0 °C	R ref.: 608.4 mΩ	Total elapsed time
	T ref.: 70.0 °C		
	Assessed: n/a		

T meas: Actual ambient temperature
T ref: Temperature for which the result is calculated
R ref: Calculated resistance.

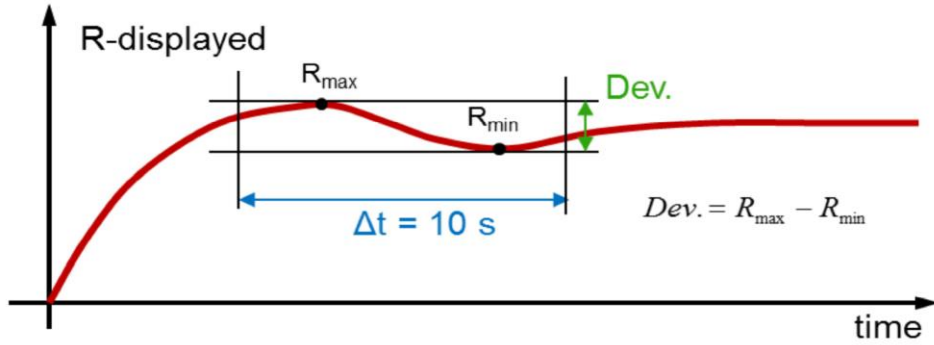
In Centigrade:
 $R_{ref} = (V_{DC} / I_{DC}) \times (235\text{ °C} + T_{ref}) / (235\text{ °C} + T_{meas})$
In Fahrenheit:
 $R_{ref} = (V_{DC} / I_{DC}) \times (391\text{ °F} + T_{ref}) / (391\text{ °F} + T_{meas})$

Note: Formula according to IEC 60076-1

الشكل 61-2 : شاشة فحص مقاومة الملف الثانوي لمحول التيار

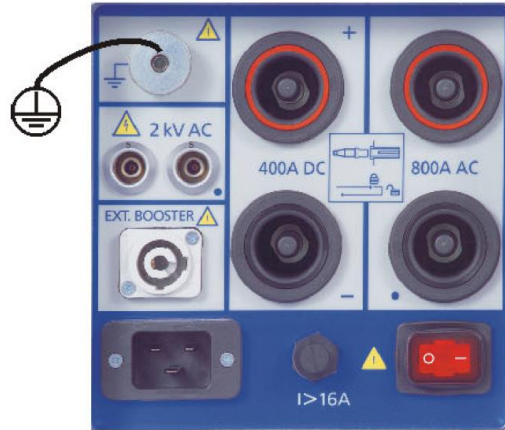
يتم تقدير الوقت اللازم لوصول الملف الى حالة التشبع span time بعشرة ثواني تقريبا يقوم خلالها الجهاز بقياس قيمة مقاومة الملف ويحفظه في الذاكرة الداخلية

للجهاز ويتم حساب قيمة المقاومة خلال حساب الانحراف المئوي بين أقل قيمة و أعلى قيمة لمقاومة ملف محول التيار خلال العشرة ثواني ويتوقف الحقن إذا كانت قيمة الانحراف المئوي Dev% أقل من 0.1 % [Dev < 0.1 %] كما هو موضح في الشكل 2-62



الشكل 2-62 : حساب مقاومة من خلال الانحراف بين أعلى و أقل قيمة للمقاومة

ولغرض الحماية للشخص الذي يتعامل مع الجهاز او حماية للجهاز نفسه من خطر الجهود العالية ينصح باستخدام مخارج الحقن DC 400 A او ما يسمى CP SA1 الموجودة في جانب جهاز CPC100 كما هو موضح في الشكل 2-63



الشكل 2-63 : مخارج الحقن DC 400 A او ما يسمى CP SA1

أقل قيمة للمقاومة Rmin يكون الجهد الذي يقرأ عليها حوالي 0,2 mV أما أعلى قيمة للمقاومة هي Rmax ويكون الجهد الذي يقرأ عليها حوالي 10 V ويعتمد قراءة أعلى قيمة و أقل قيمة للمقاومة على قيمة الجهد على المقاومة و قيمة التيار

الذي يحقن فيها. وفي حالة ظهور علامة n/a في كل من خانة VDC أو Rmeas فهذا يدل على ان مدخل الجهد للجهاز أعلى من أعلى قيمة جهد .

$$R_{\min} = \frac{0,2mV}{I_{test}}$$

$$R_{\max} = \frac{10V}{I_{test}}$$

هناك علاقة طردية بين درجة الحرارة و المقاومة وكما هو موضح في الشكل 2-61 يوجد لدينا إختيار Temperature compensation for CU وهو يخص حساب المقاومة على حسب درجة الحرارة ويوجد في الشكل معادلات لحساب قيمة المقاومة على حسب درجة الحرارة في الموقع وقت الفحص ومقارنتها بقيمة المقاومة عند درجة حرارة النحاس وهي 75 درجة مئوية وهذا الخيار الموجود على شاشة جهاز CPC100 في صفحة إختبار Rwinding يعتبر أخذ درجة حرارة النحاس كبديل عن درجة الحرارة المرجعية للمصنع ليقارنها بدرجة حرارة الموقع ويكون تحديد هذا الإختيار مهم وأكثر دقة في حالة فحص مقاومة الملف لمحول القدرة و الذي يمكن قياسه عن طريق مقياس حراري و تكون درجة الحرارة داخل المحول عالية وفي حالة عدم إختياره قد يفشل الفحص أما عند فحص مقاومة ملف محول التيار فتكون تأثير درجة الحرارة بسيط ولا يؤثر على النتائج

4- فحص القطبية لمحول التيار CT polarity check:

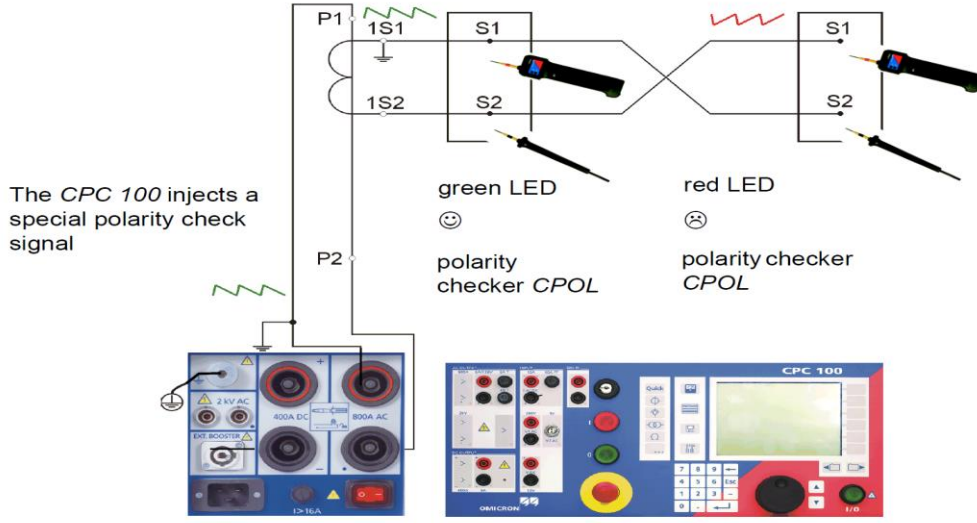
عند فحص القطبية التيار بإستخدام جهاز CPC100 يطلق الجهاز إشارة على شكل أسنان المنشار saw tooth signal من جانب الملف الابتدائي لمحول التيار من خلال وحدة الحقن AC 800 A وتنتقل الإشارة إلى جهة الملف الثانوي وفي حالة ظهر المؤشر CPOL بالأخضر يدل على ان القطبية سليمة وإذا ظهر باللون الأحمر يدل على ان القطبية غير سليمة كما هو واضح في الشكل 2-64 ويكون أقل جهد يقيسه مؤشر القطبية هو 0.1 mv. وفي حالة ان مؤشر CPOL التقط إشارة ضعيفة جدا أو كانت بطاية المؤشر CPOL ضعيفة سيظهر اللونين الأحمر و الأخضر معا

☺ + ☹



في حالة ان القطبية خاطئة فلا بد من إطفاء جهاز CPC100 أولا ثم نفصل المؤشر CPOL كما أنه يمنع تشغيل المؤشر وملحقات البطارية مفتوحة لأنه

سيتم تولد جهد عالي على البطارية او ملحقاتها إذا لامس المؤشر نقطة فيها جهد عالي



الشكل 2-64 : فحص القطبية لمحول التيار

الشكل 2-65 يوضح شاشة فحص القطبية والتي تحتوي على معايرة زمنين قابلين للتغيير هما T_{on} و T_{off} وحسب القيم التي في الشكل فإن قيمة T_{on} هي ثانيتين بمعنى ان الإشارة ستحقق من جهاز CPC100 لمدة ثانيتين ثم تتوقف لمدة 8 ثواني كما هي قيمة T_{off} ثم تتكرر العملية

Intermittent mode

Assessment for each test point

Location	Assessment
at CT	OK
at relay	OK

Assessed: n/a

Range: AC 800A
Ampl.: 250.0 A
t on: 2.000 s
t off: 8.000 s
Intermittent

OK
Failed
Clear Assess.
Back to Top

الشكل 2-65 : شاشة فحص القطبية

الفصل الثالث : الجزء العملي لفحص محول التيار

في بداية هذا الفصل سيتم إختبار محول التيار بالطريقة التقليدية بحيث ان كل إختبار يتم على حدة وبعد ذلك نتعرض إلى فحص محولات التيار بإستخدام الأجهزة المتطورة التي تفحص جميع الإختبارات او معظمها مرة واحدة

3-1 فحص محول التيار عن طريق جهاز SVERKER وجهاز MEGGER للعازلية :

3-1-1 فحص نسبة التحويل لمحول التيار عن طريق جهاز SVERKER:

- 1- نقوم بإختيار المدى range من 0 إلى 40 أمبير في جهاز SVERKER ويفضل وضع سلكين على التوازي كما هو موضح في الشكل 3-1 لكل طرف لتجنب تسخين الكيبل او حرقه أثناء الفحص نتيجة ارتفاع التيار عليه



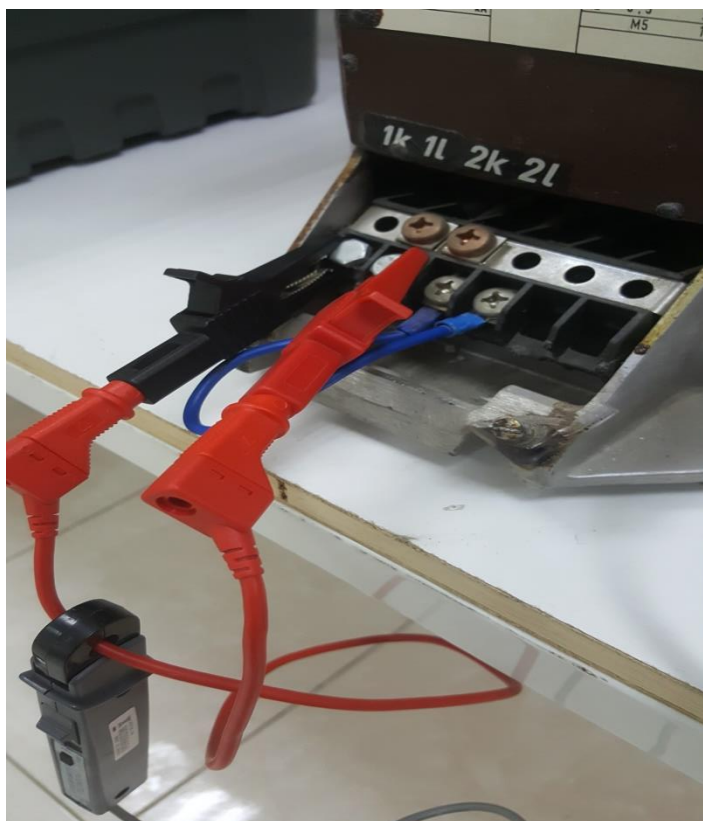
الشكل 3-1 : توصيلة التيار في جهاز SVERKER

- 2- قم بتوصيل أطراف التيار على الملف الابتدائي لمحول التيار كما هو موضح في الشكل 3-2 ونقوم بحقن تيار مقداره 30 أمبير .



الشكل 3-2 : توصيلة أطراف التيار في الملف الابتدائي لمحول التيار

3- قم بقصر الملف الثانوي الخاص بالقياس و الملف الثانوي الخاص بالحماية ونقيس قيمة التيار الثانوي الحقيقية نتيجة التحويل كما هو موضح في الشكل 3-3



الشكل 3-3 : قراءة التيار الثانوي من محول التيار

4- سجل القراءات وأحسب نسبة الخطأ في القراءة بالمعادلة التالية

Ratio or current error %	$RATIO = \frac{APC}{ASC}$	Actual secondary Current(ASC)	Primary Current(APC)
			30 أمبير

$$\text{Current error \%} = \frac{(K_n I_s - I_p) \times 100}{I_p}$$

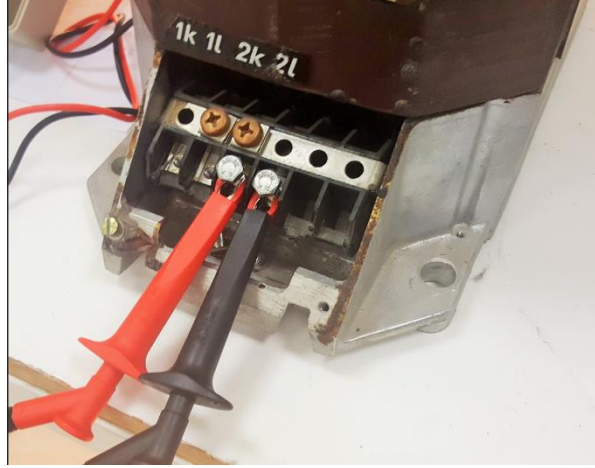
تمرین المجموعة :

لماذا نفحص نسبة التحويل ؟ وماهي التوابع إذا لم تكن نسبة التحويل صحيحة ؟

[illegible]

3-1-2 اختبار مقاومة محول التيار الثانوي CT secondary resistance test :

- 1- قم بتوصيل أطراف الجهد في جهاز SVERKER على أطراف ملف محول التيار الثانوي كما هو موضح في الشكل 3-4



الشكل 3-4 : توصيل الجهد على أطراف ملف محول التيار الثانوي

- 2- نقوم بتحويل الجهد في جهاز SVERKER من متردد إلى مستمر ليتم تسليطه على الملف والخطوات موضحة في الشكل (A – F) 3-5



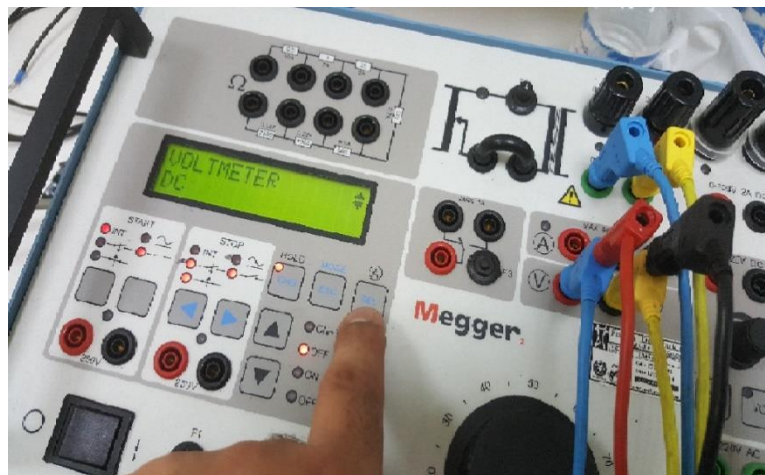
الشكل 3-5A : الضغط على الزر MODE او ESCAPE والتحرك للأسفل لتحديد الجهد او التيار المراد تغييره



الشكل 3-5B: يتم اختيار نوع الجهد (متردد او مستمر) بالضغط على زر
CHG



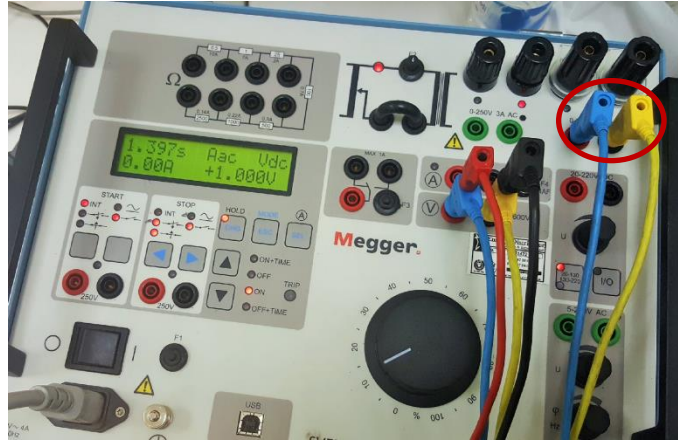
الشكل 3-5C : بتحرك الأسهم للأسفل يظهر لنا خيار DC



الشكل 3-5 D : نضغط على الزر SEL لتحديد إختيار DC



الشكل E3-5: بالضغط على زر ESCAPE وسيتغير الجهد من AC إلى DC



الشكل F3-5: توصيل نقاط الجهد المستمر (0 - 300 vdc) مع عرض القراءة على الشاشة

3- كما في الشكل F3-5 نقوم بتسليط جهد بسيط مقداره 1 فولت ثم نقيس التيار في مقاومة ملف محول التيار بواسطة DC clamp كما هو في الشكل 3-6



الشكل 3-6: قراءة التيار المستمر في ملف محول التيار

4- نقوم بحساب قيمة المقاومة المقاسة بقسمة الجهد المسلط على الملف على التيار المار فيه ثم بالرجوع إلى البند 10-1 نستخدم المعادلة التي نحسب بها قيمة المقاومة بإعتبار درجة حرارة مكان الفحص ومقارنته بدرجة حرارة المصنع وهي 75 درجة مئوية

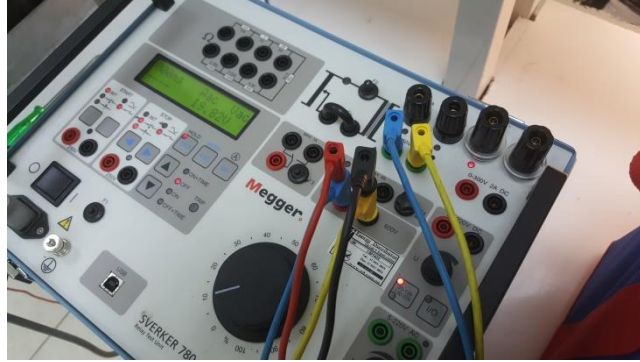
تمارين للمجموعة :

إحسب قيمة مقاومة ملف محول التيار ؟ وما أهمية حساب هذه القيمة ؟

[illegible]

3-1-3 إختبار منحنى المغناطيسية CT magnetization curve test :

- 1- قم بتوصيل الجهد المتردد في جهاز SVERKER على أطراف الملف الثانوي لمحول التيار كما هو موضح في الشكل 3-7



الشكل 3-7 : توصيل الجهد المتردد وأخذ قراءته على الشاشة

- 2- نقوم بتوصيل أطراف الجهد المتردد على أطراف الملف الثانوي لمحول التيار كما في الشكل 3-8



الشكل 3-8: توصيل أطراف الجهد المتردد على محول التيار

3- نقوم بعمل جدول فيه قيم الجهود و التيارات كما في الجدول التالي

[illegible]

- 4- إبداء من قيمة معينة مثلا 30 فولت ثم أضف 10 % من القيمة التي قبلها
وسجل قراءة التيار المقابل لقيمة الجهد
- 5- عندما تكون الزيادة في التيار 50 % من القيمة السابقة و يقابلها 10 % من
قيمة الجهد السابق فنقطة الانحناء (V_{knee}, I_{knee}) هي قيم التيار و الجهد
الذي قبل هذه القيم مباشرة .
- 6- قم برسم منحنى التشبع بحيث تكون قيم التيارات في المحور X و قيم
الجهود في المحور Y
- 7- قارن قيمة الجهد V_{knee} مع القيمة المحسوبة في المعادلة التقريبية

$$V_k = \frac{rated\ VA}{I_n} \times ALF + I_n \times R_{CT} \times ALF$$

بمعلومية مقاومة محول التيار التي تم حسابها في الاختبار السابق

تمرين للمجموعة

ماهو الهدف من إختبار منحنى التشبع لمحول التيار ؟

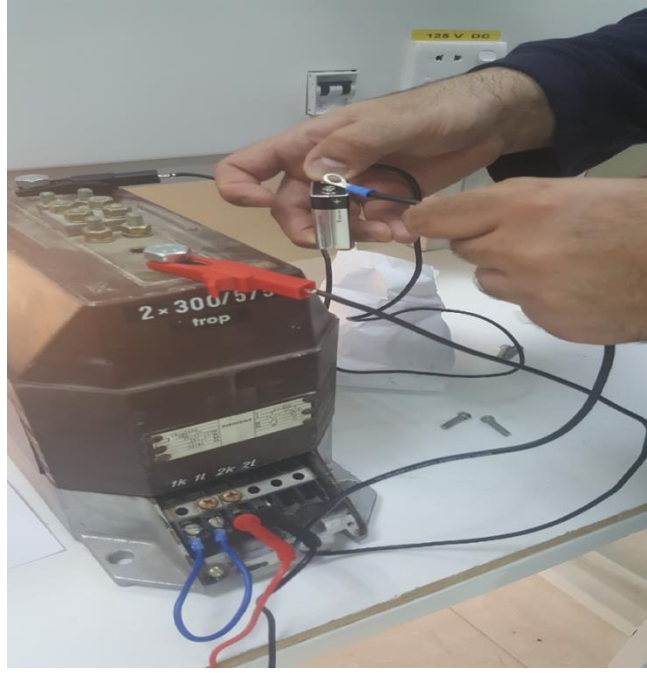
3-1-4 اختبار القطبية لمحول التيار CT polarity test :

- 1- قم بتوصيل طرفي بطارية 6 فولت او اعلى على اطراف الملف الابتدائي وطرفي الملف الثانوي بجهاز قياس به مؤشر moving coil voltmeter كما هو موضح في الشكل 3-9



الشكل 3-9 : توصيل فحص القطبية لمحول التيار

- 2- نقوم بلمس الطرف لممثل ل P1 في الملف الابتدائي بالطرف الموجب للبطارية (لتمثيل مفتاح لفتح وغلق الدارة) كما هو في الشكل 3-10



3-10 : توصيلة فحص القطبي بلمس الطرف الموجب للبطارية و المقابل للطرف P1 في الملف الابتدائي

3- عند لمس الطرف الموجب للبطارية مع طرف P1 في محول التيار يتحرك المؤشر نحو اليمين كما هو موضح في الشكل 3-11



3-11 : حركة مؤشر جهاز القياس عند لمس طرف البطارية الموجب مع طرف الملف الابتدائي لمحول التيار P1

4- عند رفع الطرف P1 من الملف الابتدائي عن طرف البطارية الموجب او عكس التوصيل بمعنى يوصل الطرف P2 من الملف الابتدائي لمحول التيار مع الطرف الموجب للبطارية فإن إتجاه المؤشر يتحرك إلى اليسار كما في الشكل 3-12 .



3-12 : حركة مؤشر جهاز القياس عن عكس إتجاه القطبية

5- عندما يتحرك مؤشر جهاز القياس لليمين فهذا يدل على ان القطبية سليمة

تمرين للمجموعة

ماهي فائدة إختبار القطبية لمحول التيار ؟ وماذا سيحصل لو لم يتم فحصها ؟

3-1-5 اختبار العازلية CT Insulation test :

- 1- لفحص العازلية لمحول التيار مابين الملف الابتدائي و الثانوي نقوم بتوصيل اقطاب جهاز megger على محول التيار كما هو موضح في الشكل 3-13



الشكل 3-13 : توصيلة فحص عازلية محول التيار بين الملف الابتدائي و الملف الثانوي

2- ابدأ اختبار العازلية بالضغط على زر test لمدة 3 ثواني بعد إختيار جهد الفحص 2.5 كيلو فولت او أعلى ولمد دقيقة كما هو موضح في الشكل 3-14



الشكل 3-15 : فحص العازلية بين الملفين الابتدائي و الثانوي بواسطة جهاز megger

3- بعد مرور دقيقة تظهر النتيجة كما هو واضح في الشكل 3-16 5 تيرا اوم وهذا يدل على ان العازلية جيدة بين ملفي الابتدائي و الثانوي



الشكل 3-16 : قيمة العازلية بين ملفي الابتدائي و الثانوي لمحول التيار

وكذلك الحال في فحص العازلية بين الملف الابتدائي و الأرضي

4- لفحص العازلية بين الملف الثانوي و الأرضي نقوم بتوصيل اطراف جهاز megger مابين الملف الثانوي و الأرضي وتسليط جهد 500 فولت او 1000 فولت كما هو موضع في الشكل 3-17



الشكل 3-17 : فحص العازلية بين الملف الثانوي و الأرضي بجهاز megger

5- بعد مرور دقيقة تظهر النتيجة كما هو موضح في الشكل 3-18 بقيمة 716 جيغا أوم وتدل على ان العازلية جيدة بين الملف الثانوي و الأرضي



الشكل 3-18 : قيمة العازلية بين الملف الثانوي لمحول التيار والأرضي

6- فحص العازلية بين ملفين ثانويين core to core لمحول التيار نقوم بتوصيل اطراف جهاز megger بين ملفي محول التيار الثانويين كما هو موضح في الشكل 3-19 . ويتم عمل نفس الإجراءات في فحص العازلية بين الملف الثانوي و الأرضي



الشكل 3-19 : فحص العازلية بين الملفين الثانويين لمحول التيار

تمرين المجموعة

ماهي فائدة إختبار العازلية لمحول التيار ؟ وكيف نعرف ان العازلية ضعيفة ؟ وماهي مسببات ضعف العازلية ؟

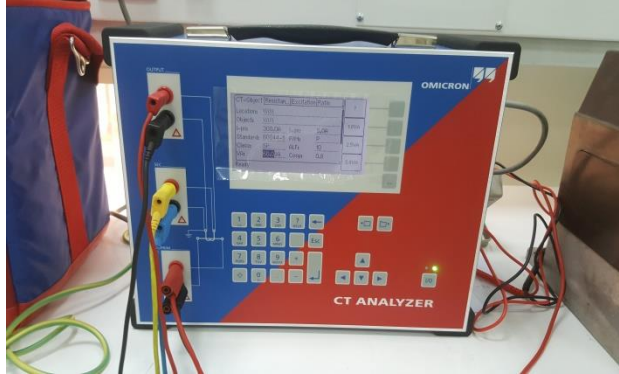
3-2 فحص محول التيار باستخدام جهاز CT Analyzer :

1- نقوم بتوصيل أطراف الملف الابتدائي بالجهاز كما هو موضح في الشكل 3-20 A



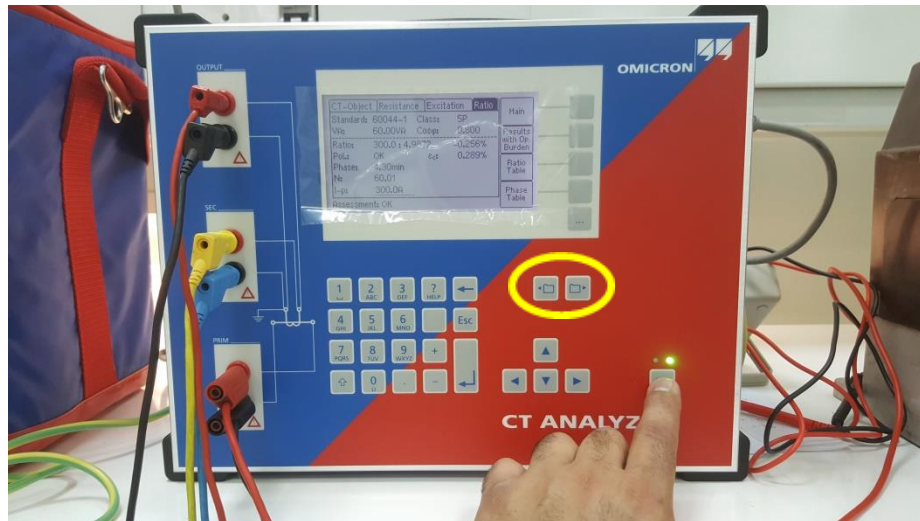
الشكل 3-20 A : توصيلة الملف الابتدائي

2- نقوم بتوصيل أطراف الملف الثانوي ونستخدم الملف الخاص بالحماية Protection core ويتم التوصيل بطريقة wires – 4 كما ذكرنا في الفصل الثاني وكما موضح في الشكل 3-20 B



الشكل 3-20 B : توصيلة الملف الثانوي

3- املء البيانات في شاشة الجهاز حسب بيانات محول التيار ثم أضغط زر بدء الفحص ثم عند إنتهاء الفحص قم بإستعراض النتائج بالضغط على زر المجلد والتنقل في نتائج الفحص يمينا و يسارا كما هو موضح في الشكل 20C-3



الشكل 20C-3 : بدء الفحص واستعراض النتائج

تمرین للمجموعة

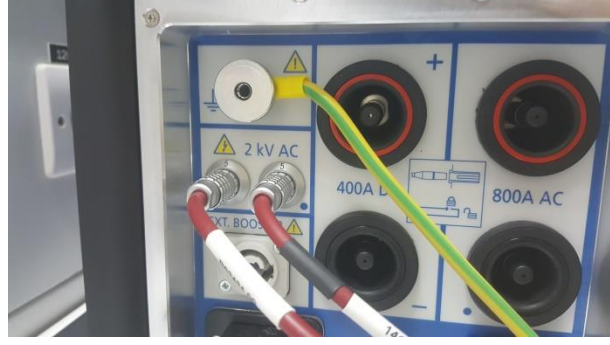
لماذا نوصل أطراف الملف الثانوي بطريقة 4-Wires ؟

[illegible]

3-3 فحص محول التيار باستخدام جهاز CPC 100 :

3-3-1 فحص منحنى المغناطيسية CT Excitation test :

- 1- وصل الكيبلان الخاصان بمدخل الجهد المتردد 2 ك ف في جهاز CPC 100 كما هو موضح في الشكل A 3-21 .



الشكل A 3-21 : توصيلة الجهد لفحص منحنى التشبع لمحول التيار

- 2- وصل الكيبلان من الجهاز إلى أطراف محول التيار ووصل الطرف L أو P1 بالأرضي ليقابل الطرف المؤرض من جهة الملف الثانوي I1 أو S1 كما هو موضح في الشكل B 3-21



الشكل B 3-21 : توصيل من جهاز CPC100 إلى محول التيار لفحص منحنى التشبع

- 3- إختار من القائمة فحص منحنى التشبع Excitation curve كما هو موضح في الشكل 3-21 C



الشكل C 3-21 : التجهيز لفحص منحنى التشبع

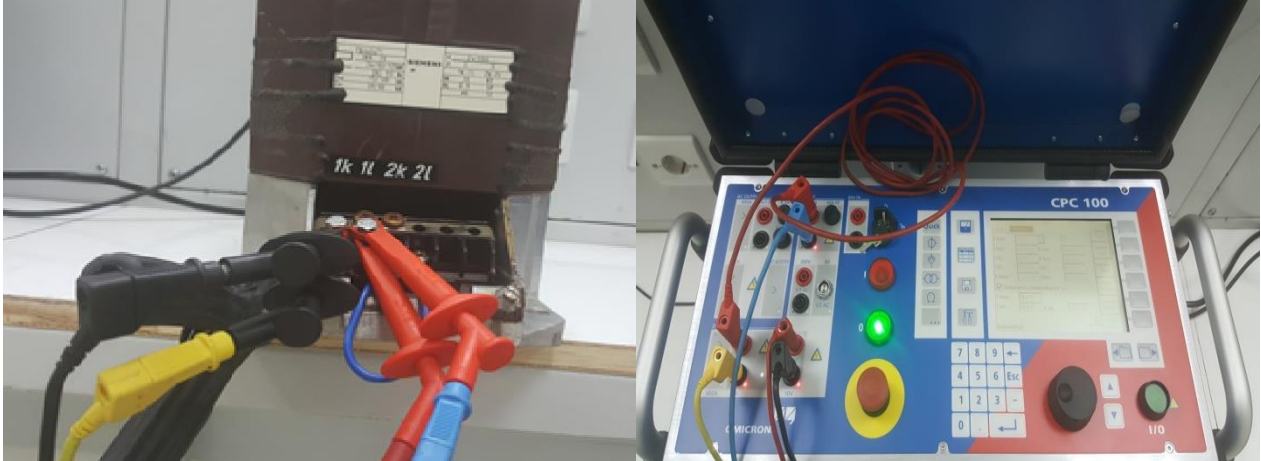
4- إبدأ الفحص بالضغط على زر البدء وسيتم رسم منحنى التشبع و إظهار قيم V_{knee} و I_{knee} كما هو موضح في الشكل 3-21D وبعد الانتهاء من الفحص نضغط على زر Demag لإلغاء أثر المغنطة عند وصول محول التيار إلى مرحلة التشبع



الشكل 3- 21D : فحص ورسم منحنى التشبع

3-3-2 فحص مقاومة ملف محول التيار CT Winding Resistance:

- 1- افتح جهاز CPC 100 وقم بعمل التوصيلات الموضحة في الشكل 3-22A وبالرجوع إلى الشكل 2-59 او 2-60 للتعرف على توصيلة الفحص



الشكل 3-22 A : توصيلة فحص ملف محول التيار الخاص بالقياس
metering core

- 2- نختار Insert card ونختار نوع الفحص وهو Rwinding عن طريق تحريك العجلة السوداء كما هو موضح في الشكل 3- 22 B وتظهر في الشاشة صفحة فحص
winding resistance



الشكل B 3-22 : اختيار فحص Rwinding في جهاز CPC100

3- قم بتوصيل أطراف محول التيار بطريقة wires - 4 و التي تم شرحها في الفصل الثاني ثم ابدأ الفحص بالضغط على زر التشغيل الأخضر كما هو موضح في الشكل 3-22 C



الشكل C 3-22 : طريقة فحص Rwinding باستخدام جهاز CPC100

4- عند الانتهاء من الفحص يقوم الجهاز بتفريغ الطاقة المخزنة في الملف لسلامة لمس أطراف محول التيار بعد الفحص إلى ان تتوقف اللبنة الحمراء تماما عن الوميض وتظهر بعدها النتيجة على الشاشة كما هو موضح في الشكل D 3-23



الشكل D 3-22: نتائج الفحص بعد تفريغ الطاقة المخزنة في ملف محول التيار

5- قم بإعادة الفحص باستخدام توصيلة 2-wires على أطراف محول التيار وأكتب ملاحظتك حول الفرق في النتائج كما هو موضح في الشكل E 3-23



الشكل E 3-22: توصيلة أطراف محول التيار بطريقة 2-wires

ما هو الفرق في النتائج بين استخدام توصيلة 4 wires و 2 - wires ولماذا ؟

: References المراجع

- 1-Network protection and automation guide – ALSTOM
- 2-Protective relaying theory and application book by Walter A Elmore
- 3-Craft appreciation for engineers –Protection and control (book2)
- 4-CT Analyzer user manual – Omicron
- 5- كتاب نظم الحماية الكهربائية علم وفن – أ.د. محمود جيلاني
- 6- مذكرة فحص محول التيار طبقا للمواصفة IEC60044 - م.محمد الفيومي
- 7-Relaying current transformer application guide – Western electricity coordinating council – November 2008
- 8-Current transformer theory and testing - Jay Anderson – Omicron
- 9- عرض تعليمي عن محول التيار من إعداد م. محمد يحيى تاج الدين – دائرة هندسة الحماية بالغربية
- 10- CT Analyzer introduction – Omicron Academy
- 11- Selecting CT for modern protection relays – Siemens
- 12- Application of protective relaying to distribution and sub-transmission systems course
- 13-MODERN METHODS of TESTING RELAYING CTs by Oleh W. Iwanusiw, P.Eng. Consultant, Toronto Canada
- 14- TRANSMISSION MATERIALS STANDARD SPECIFICATION(TMSS) of national grid in Saudi Arabia “50-TMSS-01” current transformers from 11 KV through 380 KV

- 15- Current transformer selection guide - T&D Partenaire
- 16 – Power system protection – P.M Anderson –IEEE press power engineering series
- 17- محاضرات الوقاية في منظومات القوى الكهربائية – د. أحمد صفى الدين
- 18- Instrument Transformers Application Guide – ABB AB High Voltage Products
- 19- CPC100 CT testing – Omicron presentation .
- 20 - CPC 100 user manual .
- 21 - CPC 100 Reference manual .
- 22- Alfamar Testing &commissioning training course
- 23- IEC 61869-2 Influences of the new standard on testing with the CT Analyzer



المهندس محمد سرتجي

ولد و نشأ في مكة المكرمة
حاصل على درجة البكالوريوس في الهندسة الكهربائية من جامعة ام القرى

- * رئيس قسم الحماية و الاختبارات بالشعبية - ادارة صيانة الاصول بمكة و الطائف
- * عضو في العديد من الجمعيات الهندسية والعلمية
- * عضو في عدة لجان في الشركة السعودية للكهرباء على مستوى المملكة و القطاع الغربي
- * ممثل ادارة صيانة الاصول بمكة و الطائف في تحليل المخاطر الفنية

شارك في عدة مؤتمرات محلية و دولية و قدم خلالها اوراق عمل ومنها :

1 - ورقة عمل في مؤتمر سيجري الخليج بمسقط في نوفمبر 2012 بعنوان

The effect of SVC on composite power system reliability

2 - ورقة عمل في مؤتمر شركة امكرون بالنمسا في اكتوبر 2015 بعنوان

Testing and validation of out of step protection in interconnected areas

- * مؤسس نادي التوستماسترز لموظفي الشركة السعودية للكهرباء بمكة المكرمة
- * رئيس ومؤسس نادي المهندسين بلجنة التنمية الاجتماعية بالشرائع - مكة المكرمة

- * مدرب معتمد من الشركة السعودية للكهرباء ومن الاكاديمية العربية للتدريب
- * مدرب معتمد في برنامج تريبز للتفكير الابداعي من شركة ICG بهولندا
- * مدرب معتمد في برنامج المحصلة المهنية من مركز دبيونو بالشرق الاوسط
- * حاصل على درجتى القائد المتقدم البرونزي و المتواصل المتقدم الفضي من مؤسسة التوستماسترز العالمية